

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

Ю. А. ФИЛИПЧЕНКО
Профессор Ленинградского Университета

ОБЩЕДОСТУПНАЯ БИОЛОГИЯ

Со 119 рисунками в тексте

ИЗДАНИЕ 9-ое.



Ю. А. ФИЛИПЧЕНКО
Профессор Ленинградского Университета

ОБЩЕДОСТУПНАЯ БИОЛОГИЯ

С 119 рисунками в тексте

ИЗДАНИЕ 9-ое



Ленинградский Гублит 21920. Тираж 15250 экз.—14 л. Зак. № 16.

Типография В.М. Сил Р.-К.К.А. в Главн. Адмиралтействе.

Предисловие к седьмому изданию.

Седьмое издание настоящей книжки выходит по сравнению с прежними в сильно переработанном виде. Однако, при этом я не имел в виду приспособлять ее к каким-нибудь существующим программам. Должен повторить и здесь, как и в предисловии к первому изданию, что „это отнюдь не учебник, а именно Общеизвестная Биология, т.-е. изложение вопросов Общей Биологии для читателя, не обладающего никакой специальной подготовкой, кроме навыка к серьезному чтению“. Считаюсь прежде всего с интересами такого читателя, я сделал некоторые добавления в разделе, посвященном наследственности, а также несколько расширил изложение новых течений в эволюционной теории. Кроме того сделан ряд мелких исправлений и добавлений, и все изложение разбито на десять глав вместо прежних семи.

Пользуюсь случаем высказать здесь мою искреннюю признательность всем лицам, указавшим на желательность известных изменений в книге, а также издательству „Сеятель“, позаботившемуся об улучшении внешности этого издания.

Декабрь 1925 года.

ГЛАВА ПЕРВАЯ.

Что такое биология, кого именно понимают под именем организмов и как они делятся.

Общая биология и биологические науки. — Царства животных и растений и их классификация. — Вид. — Род и другие систематические единицы. — Типы животного царства и главные отделы растительного.

Общая биология и биологические науки.

Слово биология, как и названия большинства наук, греческое и обозначает в переводе на русский язык учение о жизни или науку о живых существах, организмах.

Понятие о живых существах, которым противопоставляются тела мертвой природы, возникло не сразу. Первобытному человеку, как и теперь многим дикарям или маленьким детям, все окружающие тела казались, вероятно, одинаково одушевленными, и он не делал в этом отношении различия между настоящими живыми существами и такими предметами, как камни, солнце, луна и другие небесные тела. Однако постепенно особенности живых существ становились все более и более заметными, появилось ясное представление о жизни и смерти и, наконец, создалось правильное понятие о живых существах, к которым и были отнесены кроме человека все животные и растения.

Живые существа нередко называют также организмами. Слово это очень давнишнего происхождения и произошло благодаря давно уже подмеченному факту, что и животные и растения обладают всегда известным строением, т.-е. части их тела, называемые органами, отличаются одна от другой и имеют различное назначение в жизни этих существ. Подробнее об этом, впрочем, мы будем говорить несколько дальше.

Первоначально все без различия организмы, т.-е. и животные и растительный мир, изучались одними и теми же исследователями, но по мере накопления о них различных сведений произошло разделение труда и учение о живой природе разбилось на две главных науки. Одна из них изучает только животных и носит название зоологии, другая посвящает все свое внимание растениям и называется ботаникой. Обе эти науки, конечно, близки друг к другу по целому ряду общих вопросов и задач, но все же каждая из них имеет своих представителей и распадается на ряд более мелких отделов или дисциплин.

Однако, если это так, то что же представляет из себя биология и каково ее отношение к зоологии и ботанике? Некоторые отвечают на этот вопрос так, что ботаника с зоологией и представляют из себя в общей совокупности биологию, т.-е. последняя заключает в себе все наши сведения о животных и растениях, а зоология и ботаника — это только два ее главных отдела.

Подобная точка зрения вполне возможна и во всяком случае отнюдь не может считаться ошибочной. Тем не менее, все же лучше, когда приходится говорить о зоологии и о ботанике вместе, называть их биологическими науками, а за термином биология сохранить несколько иное значение.

Дело в том, что как только мы приступаем к изучению организмов, у нас сейчас же поднимается ряд вопросов, которые нельзя уложить в рамки науки о животных (зоологии) или науки о растениях (ботаники), так как они являются общими для той и другой. Мы сказали уже, что биология есть наука о живых существах или организмах. Однако, что такое организм: чем каждое живое существо отличается от тел мертвой природы или от любого умершего существа? Вот первый же вопрос, на который стремятся ответить и зоологи и ботаники, который одинаково для них интересен, но в то же время по своей широте выходит уже из рамок и зоологии и ботаники. — Живые существа называются также организмами, ибо имеют различные части тела, органы: как же устроено вообще тело каждого организма, независимо от того, будет ли это животное или растение, что общего в строении всех представителей и животного и растительного царства и какое назначение имеют все те общие части, которые нам при этом удастся у них обнаружить? — В каких отношениях стоят друг к другу животные и растения, и вообще каковы отношения между организмами и окружающей их средой? — Откуда и как произошли все живые существа, населяющие сейчас в таком громадном количестве и разнообразии форм и землю, и воду, и воздух?

Вот образцы тех вопросов, которые поднимаются тотчас же, как только мы пожелаем глубже проникнуть в более общий вопрос, что такое вообще представляет из себя жизнь, и разобраться в его отдельных частях. А раз биология есть учение о жизни, то, конечно, именно она и должна отвечать на все это, предоставив зоологии и ботанике разрешать другие, быть может, не менее важные, но уже более специальные вопросы, касающиеся к тому же, главным образом, или только животных или только растений. Таким образом, биология изучает общие вопросы, касающиеся всех живых существ или организмов, почему иногда ее и называют общей биологией, сохраняя гермин биология для всей совокупности данных зоологии и ботаники. Дело однако, конечно, отнюдь не в названиях, и мы будем для краткости говорить всюду просто о биологии, имея в виду в нашей книжке лишь эту общую биологию.

Царства животных и растений и их классификация.

Из нашего определения биологии вытекает, что первый же вопрос, на который мы должны дать здесь ответ, это—что такое организм, т.-е. чем каждое живое существо отличается от мертвого и от тел мертвой природы. Однако, ответить сразу на такой вопрос невозможно, и вся наша книжка будет служить для этой цели, так что только в конце ее можно будет, подводя итоги, попытаться более или менее разрешить его.

По той же причине мы не будем пока давать никакого определения понятию организма или живого существа: оно выяснится из всего дальнейшего. Важнее сразу же сговориться, кого именно понимают под именем организмов, но это не может вызвать уже каких-либо затруднений. Организмы—это все растения и животные, включая сюда и человека, т.-е. все те существа, к которым мы прилагаем понятие жизни. Все то, что живет и обладает самостоятельной жизнью, которая начинается рождением и заканчивается смертью,—подходит под понятие организма. Велики или малы эти существа, принадлежат ли они к гигантам животного или растительного царства вроде слона, кита или громадных деревьев, или же находятся уже на пределах видимости даже для микроскопа, в роде мельчайших бактерий; одарены ли они чрезвычайно сложными жизненными отправлениями, как человек, или же жизнь их сводится к немногим простейшим функциям, как у микроскопических организмов и вообще у низших представителей животного и растительного царства; велика или мала общая продолжительность их жизни, равная у одних нескольким часам, у других нескольким столетиям,—все это для нас безразлично, так как нас интересуют здесь только общие проявления жизни, а все эти существа, несмотря на свои различия, являются ее носителями и тем самым относятся к миру организмов.

Мы уже упоминали о делении последних на две больших группы или, как обычно выражаются, царства—царство животных и царство растений. Деление это относится к очень отдаленным временам, и представления о том, что такое животное и что такое растение, настолько общераспространены, что для начала на этом можно тоже не останавливаться, хотя относительно некоторых низших живых существ не так-то легко решить, считать ли их за животных или же за растения.

Однако одного деления на эти две главных группы организмов безусловно недостаточно, и потому прежде всего другого нам необходимо остановиться на том, как делятся организмы—независимо от того, принадлежат ли они к животному или к растительному царству. Нельзя иметь дело с какой-нибудь обширной группой предметов, а тем более научно изучать их, не попытавшись предварительно привести все эти предметы в известный порядок или систему. Если же вспомнить на минуту, какое громадное раз-

нообразие самых различных форм включает в себе и животное и растительное царство, то необходимость выполнить предварительно это условие станет особенно ясной. К тому же при разрешении этого вопроса нам сделается более ясным и другой—кого именно понимают под именем организмов, так как оба они находятся в самой тесной связи друг с другом.

Чрезвычайно характерно, что пока для всех организмов не было создано прочной и удобной системы, биологические науки, т.-е. и зоология и ботаника, развивались очень медленно и, строго говоря, до этого времени они почти еще и не существовали в виде самостоятельных наук. Напротив, установление такой системы дало мощный толчок движению этих дисциплин, которые с тех пор и развиваются полным ходом. Вот почему и для общей биологии тот отдел специальных биологических наук, т.-е. зоологии и ботаники, который посвящен установлению системы животных и растений, представляет чрезвычайно большой интерес и значение. Этот отдел носит название систематики или классификации, при чем его возникновение отделено от нашего времени всего какими-нибудь двумя сотнями лет и относится к первой половине XVIII века.

Попытки создания системы животных и растений делались не раз и раньше, но окончательно справился с этой задачей шведский ученый Карл Линней, которого с полным правом и можно считать творцом систематики, так как всеми установленными им понятиями мы пользуемся в ней и в настоящее время.

Система Линнея, изложенная им в его знаменитом произведении „Система природы“, которое вышло в 1735 году, очень проста и основывается на том же принципе, который применяется и в математике при счислении. Как известно, для последней цели различают единицы различных порядков: простые единицы или единицы первого порядка, десятки или единицы второго порядка, сотни или единицы третьего порядка и т. д., при чем каждая из единиц высшего порядка образуется из единиц низшего порядка: десятки из простых единиц, сотни из десятков, тысячи из сотен и т. п. При первом же взгляде на какое-нибудь число, например, 1926, мы сразу видим, что оно заключает одну тысячу—значит, относится ко второй единице четвертого порядка, кроме того в нем содержится девять сотен—значит, в пределах второй тысячи оно принадлежит к ее десятой единице третьего порядка, а, заключая еще два десятка и шесть простых единиц, представляет из себя шестую единицу третьего десятка данной сотни. Этот способ общеизвестен и чрезвычайно прост и удобен; его-то Линней и приложил к систематике животных и растений.

Подобно числам, все животное и растительное царство было разбито Линнеем на группы или своего рода единицы различных порядков, при чем и здесь из низших постепенно образуются высшие: несколько самых низших систематических единиц или групп первого порядка дают систематическую единицу или группу второго

порядка, из них так же получаются систематические единицы третьего порядка—словом, происходит то же самое, что и в математике.

Вид.

Что же, однако, следует признать за самую низшую единицу систематики? Конечно, ею может быть не то или иное отдельное животное или растение, не та или иная отдельная особь, а та форма, к которой относится вместе со всеми подобными ей эта особь. Отдельных собак, например, или кошек имеется громадное количество, но все они сходны друг с другом в существенных чертах и представляют собою особую форму животных, которой и дано название собаки или кошки, как другим формам даны названия человека, лошади, коровы и т. д. Это и будут те низшие систематические единицы или группы, с которых начинается классификация животных и растений, при чем для каждой такой группы установлено название вида. Таким образом, видом и называют каждую группу схожих между собою в существенных чертах особей, схожих настолько, что относительно них можно по крайней мере предположить, что они происходят от одной первоначальной пары особей, т.-е. за вид считают каждую особую форму животных и растений, обозначаемую особым именем. Последнее и будет названием этого вида или его видовым названием.

Мы сказали, что все животные или растения или отдельные особи, относящиеся к одному виду, сходны между собою в существенных чертах, так что относительно них возможно предположение, что они происходят от одной первоначальной пары особей. Такое предположение, конечно, вполне возможно хотя бы для всех кошек, собак, людей или особей любого животного или растительного вида. Однако это именно только предположение, которое делается для того, чтобы пояснить, что понимать под сходством в существенных чертах. Ведь ни один человек не похож на другого вполне, но сходство между всеми людьми в существенных чертах имеется, как это видно и из того, что вполне допустимо предположение, будто все люди происходят от одной единственной пары. С другой стороны, собаки и кошки тоже во многом схожи друг с другом, но уже не настолько, чтобы и тех и других можно было признать происходящими от одной общей пары, почему их и относят к различным видам.

Во времена Линнея существовало общее убеждение, основывающееся на данных прежде всего библии, что первоначально было сотворено по одной единственной паре особей каждого вида, от которых и произошли путем размножения все существующие ныне особи этих видов. „Мы насчитываем столько видов, сколько в начале было сотворено различных форм“—писал в свое время Линней, и эта точка зрения на виды играла довольно долгое время—свыше столетия—важную роль в науке,

Правильно или неправильно такое воззрение — это уже другой вопрос, при том вопрос, очень важный для всего нашего понимания мира организмов. Мы остановимся на этом несколько дальше, здесь же только отметим, что возможность происхождения всех особей каждого вида от одной единственной пары — только предположение, но предположение довольно существенное, уясняющее нам ту степень сходства, которую должны иметь между собою организмы для отнесения их к одной и той же низшей систематической группе или виду.

Род и другие систематические единицы.

Вслед за видом, который является низшей систематической единицей — единицей первого порядка, Линнеем были установлены и следующие систематические группы. Несколько близких друг к другу видов образуют род, близкие роды соединяются в семейство, из сходных друг с другом семейств составляются отряды, а из них классы. Таковы главные группы классификации животных и растений, которые были установлены Линнеем и удержались полностью в науке до настоящего времени.

Приведем один-два примера распределения животных и растений по этим систематическим единицам. Возьмем сначала несколько видов животных, например, домашнюю кошку, льва, тигра, домашнюю собаку, волка, шакала. Все это отдельные виды, но они не одинаково близки друг к другу: кошка, лев и тигр образуют одну естественную группу, а собака, волк и шакал — другую. Мы соединяем поэтому первые три в один род (род Кошка), а другие три в другой род (род Собака). Однако роды эти не настолько близки друг к другу, чтобы их можно было отнести к одному семейству, и, действительно, род Кошка вместе с некоторыми другими более близкими к нему родами (например, с родом Рысь) относится к семейству Кошачьих, а род Собака и близкие к нему роды (хотя бы род Лисица) относятся уже к другому семейству — Собачьих. Оба этих семейства отличаются рядом сходных особенностей, почему их можно поместить в один отряд, именно Хищных (зверей), а из отряда Хищных, Копытных, Обезьян и многих других составляется, наконец, класс Млекопитающих.

Другой пример — уже из растительного царства. Возьмем ряд наших деревьев: серебристый тополь, осину, иву-бредину, вербу, белую березу и растущую на севере карликовую березу. По целому ряду особенностей их удобно сгруппировать в три рода: род Тополь, к которому относятся серебристый тополь и осина, род Ива, куда нужно отнести иву-бредину и вербу, и род Береза с белой и карликовой березой. Представители родов Тополь и Ива имеют мужские и женские цветы на различных растениях (так называемые двудомные деревья), напротив, у различных берез они бывают всегда на одном растении (однодомные деревья). Этот признак настолько важен, что первые два рода приходится отнести

к одному семейству (Ивовые), а род Береза—к другому (Березовые). Оба эти семейства относятся к одному отряду—Сережкоцветных, а этот отряд вместе со многими другими—к классу Покрытосеменных.

Таким образом, разобранные нами отношения могут быть наглядно изображены в виде следующих схем:

Виды	Домашняя кошка	Лев	Тигр	Домашняя собака	Волк	Шакал
Роды	Кошка			Собака		
Семей- ства	Кошачьи			Собачьи		
Отряды	Хищные					
Классы	Млекопитающие					

Виды	Серебристый тополь	Оси́на	Ива - бредина	Верба	Белая береза	Карликовая береза
Роды	Тополь		Ива		Береза	
Семей- ства	Ивовые				Березовые	
Отряды	Сережкоцветные					
Классы	Покрытосеменные					

Очевидно, каждый вид, имея свое собственное видовое название, относится кроме того к определенному роду, семейству, отряду и классу. В математике при каждом числе обязательно указывается его место среди единиц первого, второго, третьего и т. д. порядков, т.-е. сколько в нем содержится простых единиц, десятков, сотен и пр. Так же можно было бы поступать и в биологии, и способ этот был бы мало практичным, так как, если одного видового названия иногда бывает и недостаточно (укажем хотя бы на нашу собаку и кошку, видовое название которых будет домашняя), но при присоединении к нему еще и родового уже никогда нельзя ошибиться, о каком именно животном или растении идет речь. В виду этого Линнеем и было предложено обозначать каждый вид двумя названиями: родовым и стоящим за ним видовым, и в этом и состоит сущность введенной им двойной номенклатуры для всех животных и растений, которая настолько

удобна, что способ этот немедленно вошел во всеобщее употребление. При этом, в целях общего удобства, все названия в систематике даются не на различных, а на одном — именно на латинском — языке, и каждое такое название, раз оно кем-нибудь уже было предложено для того или иного вида, является с тех пор для всех обязательным.

Приведем несколько примеров таких научных названий для тех животных и растений, о которых только что шла речь, по этой двойной номенклатуре, но уже не только по-латыни, а и по-русски:

Кошка домашняя	<i>Felis domestica</i>
Кошка лев	<i>Felis leo</i>
Кошка тигр	<i>Felis tigris</i>
Собака домашняя	<i>Canis familiaris</i>
Собака волк	<i>Canis lupus</i>
Тополь серебристый	<i>Populus alba</i>
Тополь осина	<i>Populus tremula</i>
Береза белая	<i>Betula alba</i>
Береза карликовая	<i>Betula nana</i>

Типы животного царства и главные отделы растительного.

Таким образом, по Линнею низшей систематической единицей является вид, а высшей — класс. Число последних первоначально, благодаря малому знакомству с животным и растительным миром, было сравнительно невелико, но затем стало быстро увеличиваться, так что явилась необходимость установить еще одну высшую систематическую единицу, в которую можно было бы соединять близкие друг к другу классы.

Это и было сделано уже в начале XIX столетия французским ученым Жоржем Кювье, который ввел в зоологию понятие типа. Под этим именем он понимал совокупность всех тех форм, которые, относясь к различным систематическим единицам, начиная от видов и кончая классами, имеют одинаковое расположение наружных и внутренних частей или одинаковый, как он выражался, план строения. Возьмем, например, несколько классов животных, представители которых наиболее известны: зверей или млекопитающих, птиц, рыб, насекомых, пауков и раков. Строение как наружное, так и внутреннее у любого зверя, птицы или рыбы приблизительно одинаковое: все они имеют внутри своего тела скелет из костей, их внутренности расположены сходным образом, тело состоит из головы, туловища и хвоста, к туловищу прикрепляются ноги, крылья или боковые плавники, обыкновенно в числе двух пар и т. д. Благодаря этому все эти классы можно соединить в один тип — тип Позвоночных животных, как их обычно называют. Совершенно иной план строения наблюдается у любого насекомого, паука или рака, но и эти формы устроены тоже сходно друг с другом как внутри, так и снаружи: достаточно указать, что у всех

их тело состоит из члеников и несет довольно большое число членистых же ножек, нет внутреннего скелета, но зато имеется твердый наружный панцирь и т. д. Эти классы соединяются поэтому в другой тип — тип Членистоногих животных.

Все известные в его время классы животных Кювье свел к четырем главным типам: Позвоночных, Членистых, Мягкотелых и Лучистых животных. О двух первых типах мы сейчас говорили; к Мягкотелым или Моллюскам относятся ракушки, улитки, карака-

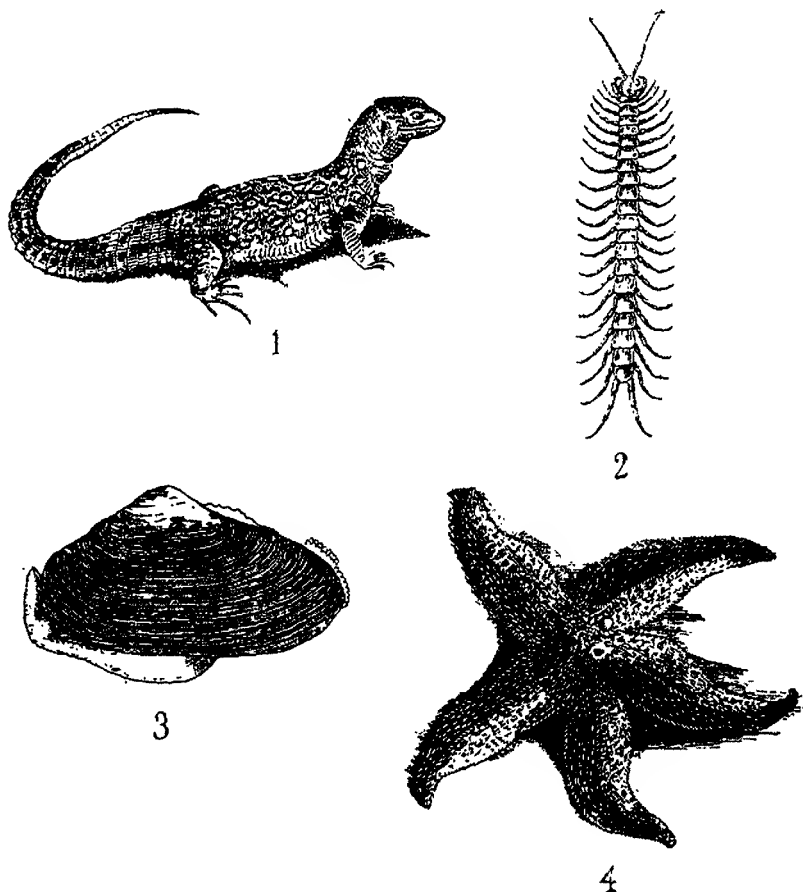


Рис. 1. Представители четырех типов Кювье. 1 — ящерица (Позвоночные), 2 — многоножка (Членистые), 3 — беззубка (Мягкотелые), 4 — морская звезда (Лучистые).

тицы и многие другие формы, у которых тело мягкое, нерасчлененное и у большинства покрыто раковиной; наконец, тело Лучистых состоит из отдельных лучей, имеет лучевое строение, как у морских звезд, ежей, медуз, кораллов. Различие между планом строс-

ния четырех главных типов Кювье ясно видно на рис. 1, на котором изображено по одному представителю каждого из этих типов.

По мере дальнейшего развития зоологии число типов животного царства, как мы сейчас увидим, значительно увеличилось. — В ботанике понятие типа или вообще систематической группы выше класса первоначально не применялось. Однако в последнее время и число классов растений настолько увеличилось, что их соединяют теперь в небольшое число главных отделов, которые вполне можно сравнивать с типами в зоологии.

Описание всех этих типов и отделов, а также классов, отрядов и других систематических групп животного и растительного царства есть дело уже специальных биологических наук — зоологии и ботаники. Однако для дальнейшего будет бесполезно назвать здесь главные типы животного царства и отделы растительного царства и указать, какие формы из числа наиболее известных к ним относятся.

Итак, в животном царстве высшим типом будут Позвоночные, к которым относятся классы Млекопитающих или зверей, Птиц, Пресмыкающихся или чешуйчатых гадов (ящерицы, змеи, черепахи и др.), Земноводных или голых гадов (лягушки, жабы, тритоны и пр.) и Рыб. Всё это формы, хорошо известные каждому, а о главных особенностях их (внутреннем скелете, отделах тела) мы только что говорили. Членистые животные Кювье разбиты теперь на два отдельных типа. Один из них — тоже только что упоминавшийся тип Членистоногих, получивший свое название от расчленения не только тела, но и ножек на отдельные членики, при чем все тело их покрыто твердым наружным панцирем: сюда относятся насекомые, многоножки, пауки, раки и т. д. Другой тип, представители которого тоже имеют иногда членистое тело, почему Кювье и соединял их с членистоногими, но у них уже никогда не бывает членистых ножек, это Черви, к которым относятся из более известных форм дождевой червь, пиявка и различные глисты, паразитирующие в других животных и в человеке. Наконец, четвертый тип — Моллюски или Мягкотелые, об особенностях которых только что было упомянуто.

Названные четыре типа в лице их главных представителей в общем хорошо известны каждому. Гораздо менее знакомо большинство с четырьмя низшими типами животного царства, так как три из них заключают, главным образом, морских животных, а четвертый — формы, настолько мелкие, что их не видно простым глазом без помощи микроскопа. Именно эти формы Кювье и называл в свое время Лучистыми животными. Здесь мы только назовем эти низшие типы: это будут, во-первых, Иглокожие (морские звезды, морские ежи, морские лилии и др.), во-вторых, Кишечнополостные (полипы, медузы, кораллы), в-третьих, Губки и, наконец, Простейшие, куда относятся, как видно по их названию, наиболее просто устроенные животные, при том мельчайших или, как говорят, микроскопических размеров. Это и будут главные типы животного царства, начиная с высших и кончая низшими.

Число главных отделов в растительном царстве еще меньше: их насчитывают обычно пять. Высшими формами среди растений являются так называемые Семенные или Цветковые, которые размножаются при помощи цветов и семян; к ним относится большинство известных всем растений. Вторым крупным отделом являются Папоротники кообразные, куда относятся из более знакомых форм папоротники, хвощи и плауны. За этим отделом следует третий отдел—Мхи, а за ним два самых низших отдела растительного царства: Грибы и Водоросли, при чем под водорослями не следует понимать, как это бывает в общежитии, всякие водяные растения, а только самые низшие растительные формы, лишенные листьев, корней и вообще особых органов тела, вроде общеизвестной зеленой тины.

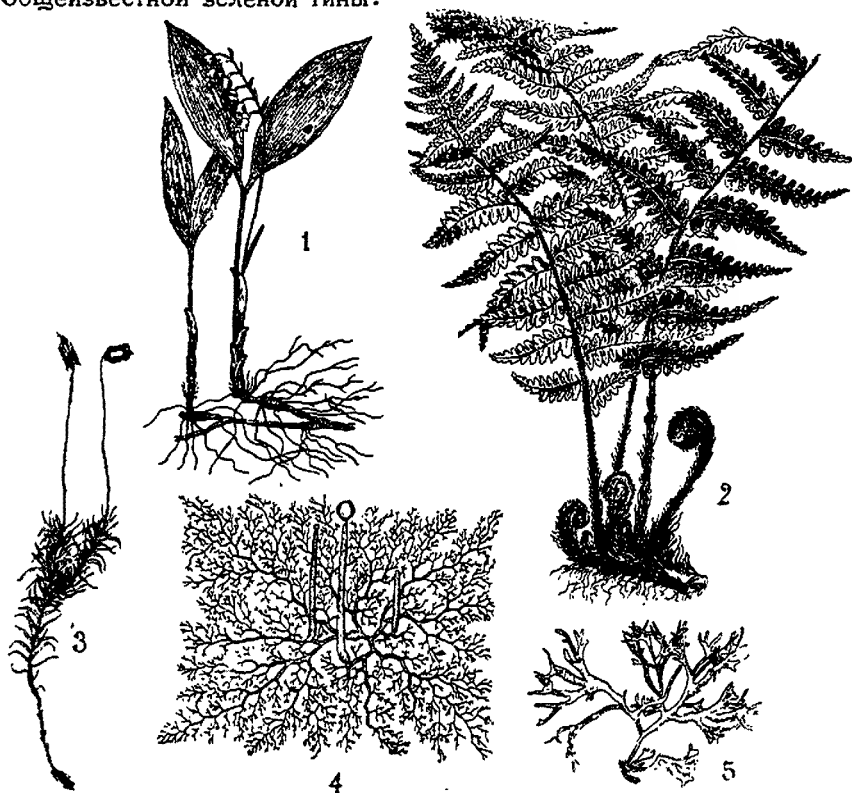


Рис. 2. Представители главных отделов растительного царства: 1 — семенное растение, 2 — папоротник, 3 — мох, 4 — гриб, 5 — водоросль.

На рис. 2 изображено по одному из представителей каждого из этих главных отделов растительного царства, и мы видим, насколько и здесь план строения каждого из них отличается от плана строения других.

Заметим, что представители четырех низших отделов среди растений не имеют никогда цветов и размножаются не при помощи семян, а при помощи спор; их противопоставляют поэтому иногда высшим или семенным растениям под именем споровых растений, хотя при этом не следует упускать из вида, что семенные — всего один отдел, а споровые заключают их несколько. Совершенно так же нередко все низшие типы животного царства, у представителей которых нет настоящего внутреннего скелета, называют беспозвоночными, противопоставляя их позвоночным, хотя последние являются только одним из типов, а к беспозвоночным относится целый ряд типов.

Таким образом, основное разделение всего мира организмов таково —

Животные:

Позвоночные.
Членистоногие.
Моллюски.
Черви.
Иглокожие.
Кишечнополостные.
Губки.
Простейшие.

Растения:

Семенные или цветковые.
Папоротникообразные.
Мхи.
Грибы.
Водоросли.

Теперь, получив некоторое представление о системе животного и растительного царства, мы можем обратиться к рассмотрению тех общих вопросов, которые касаются не какой-нибудь одной группы организмов, а всех живых существ в целом.

ГЛАВА ВТОРАЯ.

Как устроено тело каждого организма.

Анатомия. — Органы и их системы. — Ткани. — Клеточная теория. — Строение клетки. — Особенности растительных клеток. — Высшая степень осложнения клетки у инфузорий.

Анатомия. — Органы и их системы.

Итак, как же устроено тело каждого организма, независимо от того, будет ли это животное или растение? На этот вопрос отвечает тот отдел зоологии и ботаники, который носит название анатомии и общие выводы которого представляют большой интерес и для биологии. Анатомия одна из наиболее старых биологических дисциплин, так как строение человеческого тела изучалось еще в древности, а строение низших животных и растений изучается уже с XVII столетия.

О характере строения живых существ дает нам известное представление устройство нашего собственного человеческого тела. Каждому известно, что оно состоит из довольно большого числа отдельных частей, отличающихся друг от друга и своим видом и, главное, тем назначением, которое они имеют в жизни человека, при чем эти части называются органами. Так как такие же органы присущи и большинству других живых существ, то отсюда и их название — организмы.

Общее число органов в теле человека довольно велико, и для удобства рассмотрения их классифицируют известным образом, соединяя в отдельные группы все те органы, которые работают в одном и том же направлении и для одной и той же цели. При этом получаются так называемые системы органов. Так, например, наши пищевод, желудок, тонкие и толстые кишки, печень, поджелудочная железа и еще некоторые другие железы служат для переваривания пищи: их соединяют поэтому в систему органов пищеварения. Все кости нашего тела вместе с соединяющими их связками образуют уже другую систему органов — скелет или скелетную систему и т. д.

В общем у человека и у высших животных можно установить 10 систем органов:

- 1) система покровов, куда относится кожа с ее различными придатками (например, волосы), которая служит для покрытия тела;
- 2) скелетная система (кости и связки), служащая для опоры и поддержки мягких частей тела;

3) система мускулов, которые служат для приведения тела и его различных отделов в движение;

4) система органов пищеварения, о которой мы уже говорили;

5) система органов дыхания, к которым относятся легкие, дыхательное горло, гортань;

6) кровеносная система, служащая для обращения соков в теле и состоящая из сердца и сосудов;

7) система выделительных органов, куда относятся почки с их выводными путями;

8) система половых органов, т.-е. яичники у самок и семенники у самцов и их протоки;

9) нервная система, состоящая из центрального органа — мозга — и из отходящих от него нервов, причем первый при посредстве последних управляет деятельностью всех органов тела;

10) система органов чувств, т.-е. органы зрения, слуха, обоняния, вкуса и так называемого кожного чувства.

Так устроено тело высших представителей

животного царства: человека и позвоночных животных. У высших беспозвоночных (членистоногих, моллюсков) мы встретим те же самые системы органов, но затем, если спускаться далее вниз по животной лестнице, то эти системы начнут прежде всего упрощаться, сводиться каждая к значительно меньшему числу уже более просто устроенных органов и, наконец, некоторые из них совершенно исчезнут.

Возьмем, например, самого низшего представителя типа кишечнополостных — гидру (рис. 3). Это небольшое животное, часто встречающееся в наших пресных водах, имеет вид трубки, один конец которой глухой и прикрепляется к различным предметам, а на другом конце ее помещается отверстие — рот, окруженный

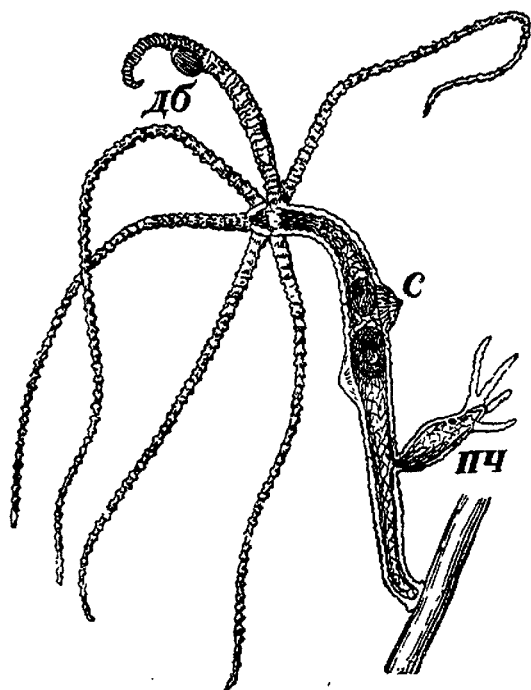


Рис. 3. Гидра (увеличена в 10 раз): дб — рачок, пойманный щупальцем гидры, с — семенник, пч — почка.

щупальцами, которыми гидра захватывает добычу (дв). Если разрезать гидру вдоль (рис. 4), то видно, что она состоит из двух слоев — наружного (н.с) и внутреннего (в.с), при чем последний окружает ту полость в теле гидры, в которую ведет рот (р) и которую называют пищеварительной или кишечной полостью. Так как у всех представителей данного типа никаких других полостей в теле нет, то отсюда и название — кишечнополостные. Внутренний слой тела гидры вместе с пищеварительной полостью и ртом можно приравнять системе пищеварительных органов других животных, а наружный слой — системе покровов. Однако, в последнем имеются и элементы, которые отвечают мускульным, чувствительным и нервным элементам высших форм, так что этот орган в теле гидры носит довольно сложный характер. Никаких особых органов дыхания, кровообращения и выделения у гидры нет совершенно, но половые органы все же имеются, хотя и они тесно связаны с наружным слоем тела (см. рис. 3 — с и 4 — я). Таким образом, здесь вместо 10 систем органов человека можно говорить самое большое, о трех: пищеварительном аппарате, наружном слое и половых органах.

Еще проще устроено тело у представителей самого низшего типа животного царства, именно у простейших. Если мы возьмем и здесь одну из его низших форм, именно амебу (рис. 5), которая тоже нередко встречается в наших водах, но видна уже лишь при помощи микроскопа, то не найдем в ее теле никаких особых органов. Все тело амебы имеет вид неправильного кусочка слизи, который постоянно изменяет свою форму, выпуская из себя особые отростки или ложные ножки. При помощи этих ложных ножек амеба движется, как бы переливая в них свое тело, и захватывает пищу, обволакивая ими добычу. Переваривание последней происходит просто в теле амебы, откуда прямо наружу выделяются и ненужные для жизни вещества; при размножении в нем участвует вся амеба целиком — словом, все ее тело является одним единственным и как бы универсальным органом, который служит для удовлетворения всех несложных потребностей в жизни этого низшего существа.

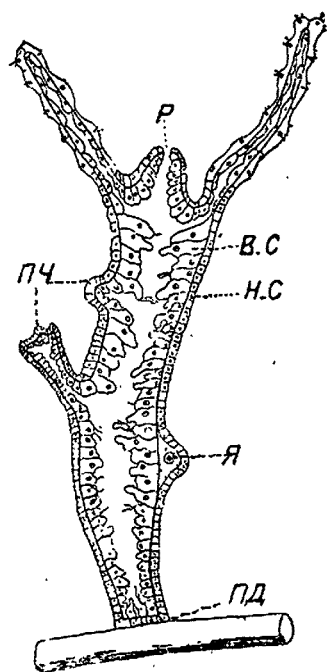


Рис. 4. Продольный разрез через тело гидры (под микроскопом): р — рот, в.с — внутренний слой, н.с — наружный слой, пч — почки, я — яйцо, пд — подошва.

То же самое явление постепенного упрощения и сокращения числа органов, если идти от высших форм к низшим, наблюдается и в растительном царстве. Число органов у растений, вообще говоря, невелико, и главных органов (отвечающих системам органов в животном царстве) у высших или семенных растений можно насчитать четыре: корень, стебель, лист и цветок. Эти органы настолько, конечно, общеизвестны, что и на их характере и назначении можно совсем не останавливаться. Если мы перейдем от семенных к споровым растениям, то вместо цветка встретим уже другие органы размножения, а затем начнется исчезновение некоторых главных органов растительного тела, как это видно, между прочим, и на рис. 2, изображающем не-

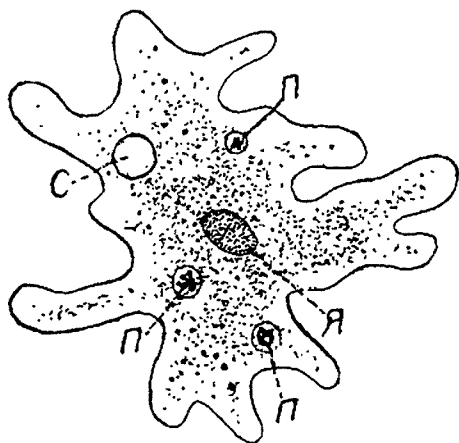


Рис. 5. Амеба: я — ядро, п — пищеварительные пузырьки с пищевыми частичками внутри, с — сократимый пузырек.

бора, невелико, и главных органов (отвечающих системам органов в животном царстве) у высших или семенных растений можно насчитать четыре: корень, стебель, лист и цветок. Эти органы настолько, конечно, общеизвестны, что и на их характере и назначении можно совсем не останавливаться. Если мы перейдем от семенных к споровым растениям, то вместо цветка встретим уже другие органы размножения, а затем начнется исчезновение некоторых главных органов растительного тела, как это видно, между прочим, и на рис. 2, изображающем не-

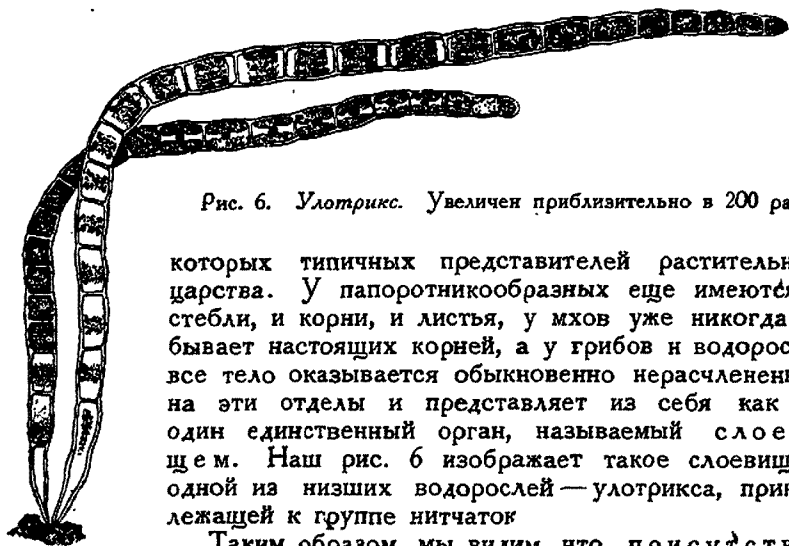


Рис. 6. Улотрикс. Увеличен приблизительно в 200 раз.

которых типичных представителей растительного царства. У папоротникообразных еще имеются и стебли, и корни, и листья, у мхов уже никогда не бывает настоящих корней, а у грибов и водорослей все тело оказывается обыкновенно нерасчлененным на эти отделы и представляет из себя как бы один единственный орган, называемый слоевищем. Наш рис. 6 изображает такое слоевище у одной из низших водорослей — улотрикса, принадлежащей к группе нитчаток

Таким образом, мы видим, что присутствие различных органов, действительно, характерно для большинства организмов, но у низших форм животного и растительного царства расчленения на органы нет, и все их тело является одним единственным универсальным органом.

Ткани.

Однако, не состоят ли эти органы из каких-нибудь более простых частей или, как говорится, элементов? Первую попытку доказать, что это, действительно, так, сделал в самом начале XIX столетия французский анатом Бишэ, при чем те более простые или более элементарные части, из которых слагаются органы, получили от него название тканей. Термин этот, сказать правду, не особенно удачен, но удержался в науке и пользуется теперь общим распространением, при чем под именем тканей понимают различные вещества, из которых состоят органы и которые видны уже простым глазом, отличаясь друг от друга своим внешним видом, окраской, плотностью и другими свойствами.

Предположим, мы препарируем человеческую руку или ногу. По удалении кожи нам бросается в глаза лежащая непосредственно под ней жировая ткань. Ниже залегают мускулы, вещество которых, всем, конечно, хорошо знакомое, резко отличается от всех других веществ тела и может быть названо мышечной тканью. Под мускулами лежат кости, состоящие тоже из особого вещества — костной ткани; местами на костях попадаются участки хряща — это будет хрящевая ткань и т. д.

Подобных тканей Бишэ различал довольно много — именно 21. При дальнейшем изучении, однако, оказалось, что многие из них можно свести к одной, и в настоящее время число тканей значительно уменьшилось, при чем, если иметь в виду только основные виды тканей, то как в животном, так и в растительном царстве их можно свести к четырем.

Таковыми основными тканями у животных являются следующие:

1) эпителиальная ткань или эпителий, которую можно назвать без большой натяжки покровной тканью, ибо она покрывает различные поверхности как снаружи, так и внутри тела, например, наружную поверхность кожи, внутреннюю поверхность желудка и кишек и других органов и т. д.;

2) соединительная или остовная ткань, составляющая остов различных органов и встречающаяся в виде самых различных форм, — такими формами ее являются, например, упомянутые выше жировая ткань, хрящевая ткань, костная ткань и другие;

3) мышечная ткань, из которой состоят мускулы, и

4) нервная ткань, входящая в состав нервной системы.

В растительном царстве главных тканей насчитывают тоже четыре, а именно:

1) кроющая ткань, развитая на поверхности всех органов и потому сравниваемая с эпителием у животных;

2) основная ткань, составляющая главную массу преимущественно молодых органов — молодых стеблей, корней, листьев;

3) проводящая ткань, служащая в виде так называемых сосудов для движения питательных веществ по растению;

4) механическая ткань, которая придает всем органам растения известную прочность.

Однако и ткани, подобно органам, не являются чем-то обязательным, присущим всем решительно организмам, так как у низших форм число тканей уменьшается, затем сокращается до одной и, наконец, совсем исчезает. Возьмем, например, те низшие формы животного и растительного царства, о которых только что шла речь: у гидры (рис. 4) еще можно различать некоторые ткани, о которых будет речь дальше, но у водоросли улотрикса (рис. 6) можно определенно говорить только об одной ткани, так как все вещества ее тела совершенно одинаковы, к амебе же (рис. 5) и другим простейшим понятие ткани вообще не приложимо по причинам, которые сейчас станут ясны.

Если это так, то, значит, ткани не являются теми наиболее простыми или элементарными частями, на которые может быть разложено тело каждого живого существа, между тем подобные элементарные части все же имеются, только они могут быть открыты лишь с помощью микроскопа.

Клеточная теория.

Увеличительные стекла, называемые теперь лупами или простым микроскопом, были известны уже довольно давно, но сложный микроскоп из нескольких увеличительных стекол был изобретен лишь около 1600 года. Первые микроскописты, интересуясь, главным образом, увеличительной силой своих инструментов, рассматривали в них все, что попадалось им под руку. И вот один из них — англичанин Гук — сделал интересное наблюдение, описанное им в 1667 году, именно, что многие части растений под микроскопом имеют ячеистое строение, напоминающее пчелиные соты. Отдельные ячейки были названы им клеточками.

Это наблюдение было потом подтверждено другими исследователями анатомии растений, и к началу прошлого столетия подобных фактов было известно уже довольно много, хотя они оставались все же без надлежащего обобщения. Последнее было сделано только в 1838 году немецким ботаником Шлейденом, который установил, что все ткани растений состоят из таких клеток, а год спустя другой немецкий исследователь Шванн распространил этот взгляд и на животных, показав, что все части их тела состоят тоже из клеток. Так возникла чрезвычайно важная научная теория, носящая название клеточной теории.

Сущность клеточной теории очень не сложна. Она гласит, что все организмы, независимо от их состава из органов и тканей, построены из очень мелких отдельностей, видимых по большей части только в микроскоп и называемых клетками. Последние являются, так сказать, теми кирпичами, из которых составлено все тело каждого организма, если сравнить последнее с домом или любым другим каменным строением. Как все стены дома, и наруж-

ные и внутренние, печи, дымоходы состоят из небольших кирпичей, образующих в общей сложности громадный дом, так тело каждого организма состоит из мелких различных лишь с помощью микроскопа клеточек. Это сравнение можно продолжить и дальше: дом — мертвый, и кирпичи, из которых он построен, мертвы; организм — живой, и составляющие его клетки являются тоже живыми. И, действительно, дальнейшие исследования показали, что каждая клетка отнюдь не является просто ячейкой в той или другой ткани или органе животного и растения, как думали раньше, а что это, напротив, самостоятельные живые существа, которые и питаются и размножаются, и вообще самостоятельно поддерживают свою жизнь, и в то же время, будучи соединены друг с другом, составляют тело организма, которому они принадлежат. Таким образом, клетки являются тоже организмами, только самыми низшими или элементарными организмами, по удачному выражению одного известного немецкого ученого (Брюкке), или представляют собою своего рода жизненные единицы, как тоже очень хорошо назвал их другой выдающийся исследователь (Вирхов).

Что клетки являются, действительно, настоящими живыми организмами, видно особенно наглядно из того, что далеко не всегда они находятся соединенными друг с другом в теле какого-нибудь высшего организма, а иногда попадают и в виде отдельных свободноживущих клеток. Та амеба, о которой мы уже говорили выше (рис. 5), и представляет из себя пример одной единственной свободноживущей клетки; так же устроены все представители одного с нею типа или простейших, о которых мы еще будем говорить дальше, и поэтому представителей этого низшего типа животного царства называют нередко одноклеточными существами, тогда как представители всех других типов, начиная с губок, содержат в своем теле уже много клеток и являются многоклеточными. Такие же одноклеточные формы вроде амебы встречаются в низшей группе растений, именно среди водорослей, но большинство последних состоит уже из многих клеток; многоклеточное строение имеют представители всех следующих отделов растительного царства (грибы, мхи, папоротникообразные и семенные).

Какой же вид имеет клеточное строение всех этих многоклеточных существ? Клетки в их теле кажутся под микроскопом именно отдельными ячейками, разделенными ясными границами или перегородками, откуда произошло и название — клетка. У самых низших форм все эти клетки еще совершенно одинаковы, как это ясно видно, например, на рис. 6, изображающем водоросль улотрикс: в этих случаях, как мы видели выше, можно говорить только об одной ткани. У более сложно устроенных форм между клетками тела начинают замечаться уже различия, так как одни из них берут на себя одни функции, а другие — другие. Так, в теле гидры (см. рис. 4) уже замечается прежде всего различие между клетками внутреннего слоя тела, заведывающего пищеварением, и клетками

наружного слоя, назначение которого, как мы знаем, уже другое, а также возникают и некоторые различия между клетками наружного слоя. Появляется несколько сортов клеток или, как мы можем теперь сказать, несколько тканей.

То же самое, но в еще более резко выраженной форме, мы встретим у высших животных и растений, у которых в теле уже много органов. Если взять, например, лист любого семенного растения, приготовить из него тонкий поперечный разрез, т.-е. вырезать бритвой тонкий ломтик, и рассмотреть под микроскопом, то мы увидим картину вроде изображенной на рис. 7. Вся попавшая на разрез часть листа состоит из отдельных ячеек или клеток, но последние имеют здесь различный характер: на верхней и

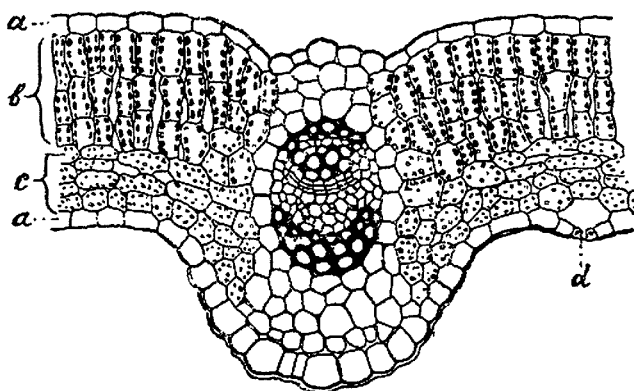


Рис. 7. Поперечный разрез через лист редьки (под микроскопом): *a* — кожа, *b* и *c* — основная ткань (паренхима); по середине виден перерезанный проводящий пучок; *d* — устье.

нижней поверхности листа (*a*) они плотно соединены друг с другом и образуют кроющую ткань или кожу, внутри листа (*b* и *c*), напротив, они лежат более рыхло и содержат в себе особые включения (хлорофильные зерна) — это основная ткань листа; наконец, в самой середине разреза видны клетки особой формы, представляющие собой проводящую ткань, из которой образованы листовые жилки. — То же самое явление, именно различие формы и характера клеток по различным тканям, мы увидали бы, если бы взяли разрез не через лист, а через любой другой орган многоклеточного растения или животного, хотя, несмотря на эти различия, клетки всех тканей все же в общем подобны друг другу и по своему строению и по тому, что каждая из них является самостоятельным организмом.

Эти примеры позволяют нам теперь дать лучшее определение тому, что в сущности представляют из себя ткани и органы, о которых мы говорили выше. Ткань представляет из

себя собрание одинаковых клеток, как это хорошо видно при рассмотрении разреза через лист. Орган же есть совокупность нескольких тканей, примеров чего выше было уже приведено довольно много. Однако ни органы, ни ткани не представляют из себя тех простейших единиц, на которые может быть разложено до конца тело каждого организма, и такой простейшей жизненной единицей, самым низшим элементом тела любого организма является клетка. В этом отношении между понятиями вида и клетки существует известное соответствие: вид есть основная единица систематики, клетка — основная единица анатомии, и благодаря этому лишь после выработки каждого из этих понятий стало возможно быстрое развитие каждой из соответствующих дисциплин.

Строение клетки.

На органах и тканях мы останавливались очень кратко, так как рассмотрение их у различных животных и растений относится уже к зоологии и ботанике. Иначе обстоит дело с клеткой: раз это элементарный организм и своего рода основная анатомическая единица, общая для всех животных и растений, то ее строение должно быть обязательно рассмотрено и в общей биологии для понимания того, как в этой простейшей форме организма выражается жизнь.

Начнем прежде всего с величины и формы клеток. Величина большинства из них очень мала, так как и видны — то они по большей части только под микроскопом: обыкновенно величину клеток измеряют даже не частями миллиметра, а особой единицей — микроном, который составляет $\frac{1}{1000}$ миллиметра. Однако, кроме микроскопически малых попадают и клетки, уже хорошо видимые простым глазом, — например, яйца или яйцевые клетки многих животных. Наконец, как исключение, попадают клетки и очень большой величины: например, имеется особая одноклеточная водоросль каулерпа, часть которой в натуральную величину изображена на рис. 8, при чем все слоевище этой водоросли бывает величиною с человеческую ладонь — между тем это только одна единственная клетка.



Рис. 8. *Каулерпа* (естеств. величина).

Форма клеток бывает самой разнообразной. Чаще всего клетки имеют шарообразную или от давления их друг на друга многогранную форму, как клетки тканей листа (см. рис. 7). Иногда эта форма заменяется более правильной цилиндрической формой, как у клеток в теле улотрикса (см. рис. 6). Другие клетки сильно вытягиваются в длину: тогда их называют веретеновидными — таковы, например, клетки мышечной ткани (рис. 9). Иногда клетки имеют

много расходящихся во все стороны отростков и получают звездообразную форму; так устроены в частности нервные клетки (рис. 10). Наконец, у клетки может и не быть постоянной формы, так как она все время меняется благодаря выпусканию и втягиванию отростков, как это мы видели уже у амебы (рис. 5); такие клетки нередко называют амебообразными.

Все эти формы клеток имеют немаловажное значение при описании и характеристике различных тканей. Однако, для нас этот вопрос менее интересен, раз мы рассматриваем только клетку

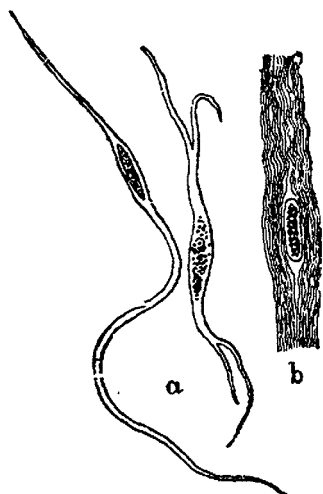


Рис. 9. Две мышечные клетки или волокна (а) и часть третьего (б) при еще более сильном увеличении.

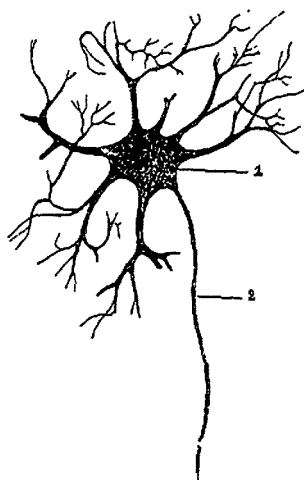


Рис. 10. Нервная клетка со многими ветвящимися отростками и нервным волокном (2), выходящим из тела клетки (1).

вообще, и гораздо важнее остановиться на составных частях каждой клетки.

Создатели клеточной теории — Шлейден и Швани — определяли клетку как маленький пузырек, состоящий из твердой оболочки и жидкого содержимого, при чем эту твердую оболочку они и считали за наиболее существенную часть каждой клетки. Последнее, однако, оказалось неверным, так как хотя у многих клеток, особенно из растительного царства, эта оболочка, действительно, хорошо развита, но зато другие клетки совершенно не имеют ее, как не имеет никакой оболочки хотя бы тело амебы, — значит, оболочка отнюдь не может считаться безусловно необходимой составной частью клетки. Гораздо важнее в этом отношении то жидкое или, вернее, полужидкое содержимое, которое заключено внутри клеточной оболочки (если последняя имеется) и из которого вообще состоит тело клетки; оно получило название протоплазмы и представляет

одну из главных составных частей клетки. Другую такую же часть последней представляет особое тельце, залегающее внутри протоплазмы каждой клетки и называемое ядром (см. рис. 5 — а также рис. 9 и 10), при чем оно встречается подобно протоплазме решительно во всех клетках. Все другие части клеток уже гораздо менее важны и не относятся к числу безусловно необходимых, почему в настоящее время клетку и определяют, как комочек протоплазмы, заключающей внутри себя особую составную часть — ядро. Остановимся поэтому прежде всего на этих двух главных составных частях каждой клетки.

Что касается до протоплазмы, из которой и состоит большая часть тела клетки (см. рис. 5, 9, 10), то она представляет из себя вязкое, бесцветное

полужидкое вещество с удельным весом несколько больше единицы (приблизительно 1,2) и преломляющее свет несколько сильнее воды, почему она хорошо заметна в последней. Больше всего похожа по своему внешнему виду и свойству протоплазма на жидкий белок свежего куриного яйца. Как известно, в последнем содержатся чрезвычайно сложные по своему химическому составу так называемые белковые вещества; и протоплазма состоит, главным образом, из различных белковых веществ, так что и в этом отношении между нею и яичным белком наблюдается довольно большое сходство.

Имеет ли эта полужидкая протоплазма или плазма, как ее тоже иногда называют, какое-нибудь свойственное специально ей строение? Несомненно имеет, но, какое именно, решить не так-то легко, так как оно находится уже на пределах видимости для наших микроскопов. Вопрос этот вызвал в свое время много споров: одни приписывали протоплазме вид губки, другие описывали ее состоящей из отдельных нитей или волоконцев, третьи — из зерен и т. д. Наиболее вероятен, однако, из всех этих взглядов тот, который утверждает, что плазма имеет ячеистое строение, напоминая собою хотя бы мыльную пену. Часть вещества последней образует собою всем известные ячей этой пены, а другая часть наполняет собою их. Таково же, согласно данной теории, принадлежащей известному немецкому ученому Бюкли, и строение протоплазмы, состоящей из мельчайших ячеек и наполняющей их жидкости, при

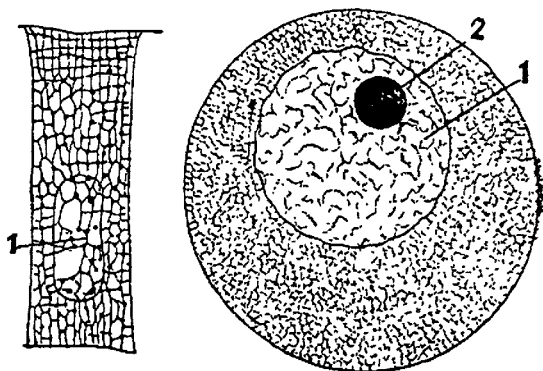


Рис. 11. Ячеистое строение протоплазмы: слева клетка кожи дождевого червя, справа яйцо морского ежа; 1 — ядро, 2 — ядрышко.

чем пересечения стенок этих ячеек друг с другом могут принимать и вид зерен и вид волоконцев и т. п. Картина подобного строения протоплазмы изображена на нашем рис. 11.

Заметим, однако, что, хотя подобное строение протоплазмы может теперь считаться почти доказанным для самых различных клеток, оно все же не является чем-то присущим специально протоплазме и потому объясняющим до известной степени жизненные свойства клетки. Напротив, довольно сходное с этим тоже ячеистое строение Бюкли обнаружил и в некоторых телах мертвого мира — например, в желатине, гумми, сере и др., так что, повидимому, это отнюдь не строение плазмы, а строение известного состояния тел, зависящее от чисто физических причин. По всей

вероятности, помимо того протоплазма имеет какое-то свойственное только ей строение — быть может, состоит из каких-нибудь невидимых даже при наших самых сильных увеличениях частиц, но пока на этот счет возможны только предположения.

Ядро, как показывает и его название, представляет из себя более плотное тело, лежащее внутри клетки и окруженное со всех сторон протоплазмой. Это такая же обязательная часть каждой клетки, как и протоплазма: одно время думали, что кроме клеток с ядром существуют и более просто устроенные безъядерные клетки, получившие даже особое название монер, но затем было доказано, что никаких монер нет и все клетки снабжены в той или иной форме ядрами.

В большинстве случаев ядро бывает одно и имеет округлую или овальную форму (см., напр., рис. 11). Однако существуют клетки с не-

сколькими и даже со многими ядрами: например, упоминавшаяся выше одноклеточная водоросль каулерпа (рис. 8) содержит в своей плазме громадное количество ядер; такие же случаи известны и у многих других организмов. Форма ядра тоже довольно изменчива: кроме круглых и овальных ядер наблюдаются сильно вытянутые в длину (рис. 9), изогнутой (рис. 12) или лентовидной формы, разветвленные в различных направлениях — иногда самого причудливого вида и т. д. Как и форма клетки, это не представляет для нас здесь особенного интереса.

Строение ядра удалось выяснить хорошо с тех пор, как научились окрашивать предварительно убитые каким-нибудь веществом (спиртом, сулемой) клетки особыми красящими средствами вроде кармина и других красок, от чего все подробности строения их выступают гораздо яснее. При этом оказалось, что во всех ядрах содержится довольно большое количество особого вещества, которое сильно окрашивается известными красками (вроде того же кармина), и из-за этого получило название **хроматина** (от гре-

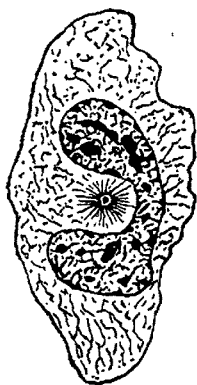


Рис. 12. Лейкоцит
личинки саламандры
с ядром и центрозо-
мой.

ческого хромо—крашу). Этот хроматин содержится в ядрах в виде зернышек, нитей и более крупных глыбок, хорошо заметных лишь после окраски (рис. 13—х). Последние поддерживаются в ядре остовом из совершенно другого вещества, имеющего вид сети и, в противоположность хроматину, не окрашивающегося характерными для первого красками, почему его и называли ахроматином (а-, по-гречески, — отрицание); эта ахроматиновая сеть изображена и на рис. 13 (х).

Хроматин и ахроматин являются главными веществами ядра. Кроме того, в последнем попадаются иногда более плотные тельца из особого вещества, получившие названия ядрышек (см. рис. 11 справа — 2 и рис. 13—я), а все свободные промежутки заполнены жидким ядерным соком. Как видно и на всех наших рисунках, ядро обыкновенно резко отграничено от окружающей его протоплазмы; это происходит благодаря тому, что имеется особая ядерная оболочка, заключающая в себе также специальные вещества. Впрочем, и эта оболочка, и ядерный сок, и ядрышки, и даже ахроматин не играют особенно важной роли в общей жизни клетки.

Напротив, хроматину принадлежит в этом отношении громадное значение и для той клетки, в которой он содержится, и для всего организма в его целом, почему в дальнейшем мы не раз будем встречаться с этим веществом.

Кроме описанных главных частей клетки — протоплазмы и ядра, без которых жизнь ее совершенно невозможна, в ней встречается обыкновенно и целый ряд других образований. Сюда относятся прежде всего различные посторонние вещества, которые накапливаются в клетках в результате их жизнедеятельности или в твердом или в жидком виде. Так, во многих клетках попадают жировые капельки, зернышки красящего вещества (пигмента), различные жидкие вещества и т. п. На нашей схеме клетки (рис. 13) такие посторонние включения изображены частью в виде твердых зерен (т.в), частью в виде капель жидкости (в): в последнем случае их называют вакуолями.

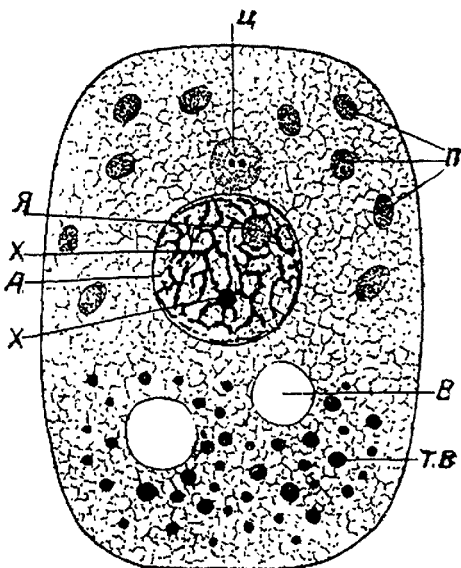


Рис. 13. Схема строения клетки: х — хроматин, а — ахроматин, я — ядрышко, Ц — центрозома (сфера притяжения с 2 центриолями), П — пластиды, В — вакуоли, т.в — твердые включения.

Все это, конечно, несущественные или специальные части клеток — присутствующие в одних и отсутствующие в других, почему их отнюдь нельзя считать характерными для клетки вообще, которая нас здесь только и интересует. Специальной же частью некоторых клеток является их оболочка, о которой мы уже упоминали: она свойственна, главным образом, растительным клеткам и состоит у них из особого вещества, называемого клетчаткой (почти чистую клетчатку представляет вата и некоторые сорта бумаги). Эта оболочка выделяется на поверхности протоплазмы клетки, что одно уже говорит за то, что это отнюдь не главная часть клетки, как думали раньше, — кроме того ее совершенно нет у большинства животных клеток.

Однако за последнее время в протоплазме удалось обнаружить ряд более мелких образований, которые несомненно состоят из живого вещества и обнаруживают известную самостоятельность. Последняя однако не такого рода, как у ядра (иначе это были бы тоже главные части клетки), и, повидимому, все эти образования являются лишь особыми отделами или органами протоплазмы. Мы остановимся из них здесь только на одном наиболее изученном, именно на так называемом клеточном центре или центрозоме.

Центрозома, или клеточный центр, особенно ясно бывает видна при делении клеток, о котором мы будем подробно говорить дальше, однако иногда ее удается наблюдать и во время покоя клетки. Она состоит обычно из двух частей: одного или гораздо чаще двух мельчайших (меньше одного микрона или $\frac{1}{1000}$ миллиметра) зернышек и окружающего их особого поля в протоплазме, в котором нередко заметна лучистость или своего рода сияние (см. рис. 12, где хорошо видна эта лучистость, и рис. 13 — ц). Зернышки в центрозомах называют центриолями, а окружающее их поле с лучистостью — сферой притяжения.

Такого рода клеточный центр найден в настоящее время в очень многих клетках, при чем постоянно приходится наблюдать, что при размножении клеток путем их деления новые центрозомы образуются из старой. Последнее, как мы дальше увидим, является обязательным правилом для ядра: новые ядра никогда не образуются иначе, как из старых, что и доказывает полную самостоятельность ядра, как особой составной части клетки, вполне равнозначной с протоплазмой. Многие в силу этого готовы были признать и центрозома такой же самостоятельной и независимой частью клетки, как протоплазма и ядро. Однако, некоторые наблюдения решительно противоречат этому взгляду. С одной стороны, в клетках у высших (семенных) растений клеточного центра до сих пор найти не удалось: значит, клетка может обходиться и без него, тогда как клеток без ядра и тем более без протоплазмы не бывает. С другой стороны, некоторым исследователям удалось, влияя известными веществами на клетки, вызвать в их протоплазме образование клеточных центров там, где последних без этого воздействия заведомо быть не могло, и, очевидно, они возникли при этом из протоплазмы. — Эти данные

не позволяют поэтому приравнять центрозома главным составным частям клетки — протоплазме и ядру, и ее правильнее считать за особый отдел или орган протоплазмы, приспособившийся к определенной функции, подобно некоторым другим таким же образованиям, на которых мы не будем уже останавливаться.

Прежде чем покончить со строением клетки, нам нужно остановиться еще на двух вопросах: во-первых, выяснить, нет ли каких-либо различий между клетками в двух главных подразделениях мира организмов — царстве животных и царстве растений, и, во-вторых, разобрать, чем отличаются клетки свободноживущие от клеток, входящих в состав тела многоклеточных организмов. На этом мы и можем закончить наше знакомство с клеточной теорией и настоящую главу.

Особенности растительных клеток.

Что касается до отличий животной и растительной клетки, то в своих главных, основных частях — протоплазме и ядре — они не отличаются друг от друга, и такого рода отличия имеются лишь по отношению к их второстепенным частям, почему мы и коснемся этого лишь вкратце.

О том, что клетки растительного тела имеют особую оболочку из клетчатки, уже было говорено выше. Затем тело растений по сравнению с телом животных заключает в себе гораздо больше воды, и на клетках это отражается таким образом, что в их плазме накапливается большое количество особого водянистого содержимого или клеточного сока; он обычно скапливается в особых соковместилищах или вакуолях, о которых тоже упоминалось. На рис. 14 изображено, как увеличивается количество этого сока по мере возраста клетки: совсем молодые клетки (1) заполнены одной протоплазмой, затем в них появляются мелкие вакуоли (2), последние быстро растут и сливаются друг с другом, так что протоплазма приобретает вид узких мостиков или перемычек между вакуолями (3), и, наконец, все эти вакуоли сливаются в одно обширное соковместилище, а вся протоплазма с ядром оттесняется к оболочке, покрывая ее в виде так называемого стенкоположного слоя — примерно так, как обои покрыв-

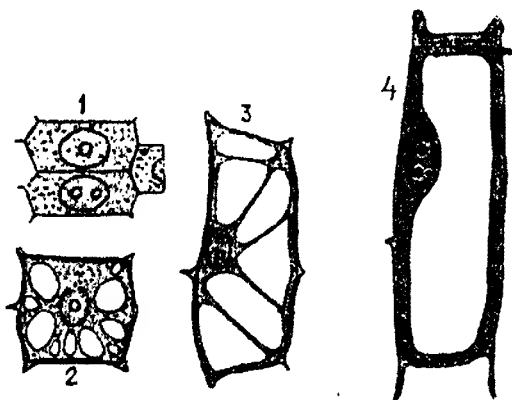


Рис. 14. Растительные клетки с увеличивающимся количеством клеточного сока.

вают стены комнаты (4). Такой вид зачастую и имеют более старые клетки у растений.

Третьей особенностью растительных клеток оказывается присутствие в них особых зерен, являющихся тоже постоянными органами протоплазмы, из которой они и возникают, при чем эти зерна носят название пластид. Подобные пластиды изображены на нашей схеме клетки на рис. 13 (п), и, как мы дальше увидим, они играют важную роль в процессах питания и так называемого обмена веществ. Эти образования могут быть и бесцветными (в незеленых частях растения и молодых клетках) и окрашенными в различные цвета. Среди окрашенных пластид особенно важное значение принадлежит зеленым пластидам, называемым также хлорофильными зернами, так как они содержат в себе то зеленое красящее вещество или хлорофил, от которого зависит окраска растений, удачно называемых иногда „зеленым царством“. — Этими особенностями растительные клетки и отличаются от животных.

Высшая степень осложнения клетки у инфузорий.

Совершенно иной характер имеют отличия между свободноживущими клетками и клетками, входящими в состав тканей многоклеточных организмов. Мы видели уже выше, что в пределах каждой ткани все клетки одинаковы, ибо ткань и есть собрание одинаковых клеток, но по характеру своих клеток различные ткани сильно отличаются друг от друга. Происходит это благодаря тому, что в многоклеточном организме между тканями происходит разделение труда: одна ткань приспособлена для несения одних функций, другая ткань — для несения других, что ясно вытекает и из их названий — покровная ткань, остоновая ткань, проводящая ткань и т. д. Сообразно с этим меняется и характер клеток каждой ткани: мышечные клетки, например, вытягиваются в длину и развивают в себе особые волокнища для сокращения (рис. 9), нервные клетки образуют ряд сильно разветвленных отростков для взаимной связи друг с другом и передачи раздражений (рис. 10), совсем иной характер носят клетки соединительной ткани и т. д.

Совершенно иначе обстоит дело у свободноживущих клеток, так называемых простейших и некоторых низших водорослей: каждая из них не имеет связи ни с какими другими, следовательно, здесь не может быть и разделения труда, а все жизненные функции приурочены к этой единственной свободноживущей клетке. В результате это нередко приводит к тому, что строение такой клетки чрезвычайно усложняется, и в ней возникает ряд образований, вполне сравнимых с органами многоклеточных животных, только последние сами состоят из клеток, а здесь это части одной единственной клетки.

Из представителей типа простейших мы знакомы пока только с амебой (рис. 5), тело которой устроено, однако, очень просто и

ничем не отличается от других известных нам клеток. Однако амеба относится к низшему классу простейших, к так называемым корне ножкам, названным так потому, что они обладают способностью выпускать из своего тела особые отростки или ложные ножки, при помощи которых и двигаются и захватывают пищу, — да и среди корне ножек амеба относится к числу самых низших форм этого класса. Однако, если от этих низших простейших мы обратимся к высшему классу их — инфузориям, то у них мы увидим уже совсем иную картину строения, хотя это тоже одноклеточные существа, только гораздо более совершенные, чем амеба.

Инфузории, подобно корне ножкам, являются самыми обычными обитателями наших пресных вод и даже свое название (в переводе на русский язык — „наливочные животные“) получили от своей способности разводиться в большом количестве в различных настоях. Одной из самых обыкновенных инфузорий является так называемая туфелька или парамеция (*Paramecium*), строение которой мы и рассмотрим.

Тело туфельки (см. рис. 15) имеет строго определенную форму, которая не может меняться, как у амебы, и не может выпускать из себя ложных ножек. Для движения здесь вместо них служат особые придатки или реснички, которые являются выростами протоплазмы и покрывают все тело инфузории (см. рис.), и благодаря быстрому движению этих ресничек движется и сама инфузория. — В протоплазме, из которой состоит все тело туфельки, помещаются два ядра (большинство инфузорий является двуждерными клетками): одно — большое (б.я.), другое — маленькое (м.я.). Каждому из них принадлежит особая роль в жизни инфузории: большое (называемое часто по-латыни „макронуклеус“) исполняет все функции клеточного ядра в течение всей жизни инфузории, кроме периода полового размножения, когда главная роль переходит к малому ядру (по-латыни „микронуклеус“).

Реснички, ядра имеются, однако, и у многих других клеток, так что эти образования не представляют еще чего-нибудь особенного. Тем не менее у нашей туфельки и вообще у инфузорий существуют

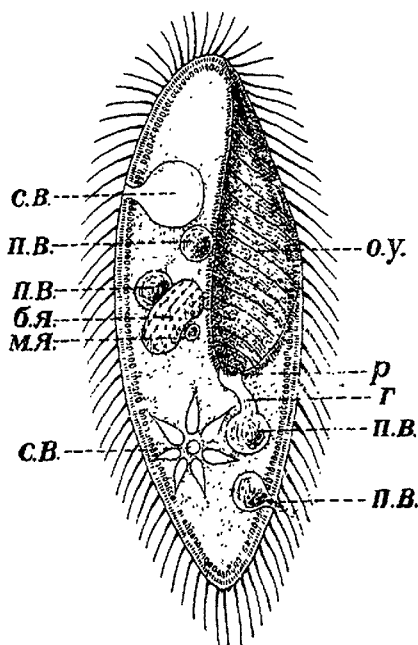


Рис. 15. Инфузория туфелька: о.у. — околоротовое углубление, р — рот, г — глотка, п.в. — пищевые вакуоли, б.я. — сократительные вакуоли, б.я. — большое ядро (макронуклеус), м.я. — малое ядро (микронуклеус.)

такие образования, которые отнюдь не характерны для большинства клеток. Сюда относится прежде всего особое углубление на одной стороне туфельки, называемое околоротовым (о.у.), так как на дне его помещается отверстие или клеточный рот (р), через который инфузория поглощает пищу, а за ртом следует особая щель в протоплазме, называемая клеточной глоткой (г). Пищевые частицы (вроде заглоченных туфелькой бактерий) попадают из клеточной глотки в протоплазму и окружаются в ней жидкостью, образующей пузырек или пищевую вакуолю (п.в.), при чем эти пищевые вакуоли двигаются в протоплазме, их содержимое переваривается, а непереваренные частицы извергаются наружу. Так происходит процесс пищеварения у инфузорий.

Кроме непостоянных пищевых вакуолей туфелька имеет еще две постоянных вакуоли, которые все время наполняются жидкостью из протоплазмы инфузории и затем опоражниваются наружу через особое отверстие (с.в.). Эти вакуоли называются сократительными и, выводя из клетки ненужные ей вещества, играют роль органов выделения и отчасти дыхания. Наконец, в самом наружном слое протоплазмы у туфельки и других инфузорий помещаются мелкие удлиненные светлые тельца (так называемые трихоцисты — см. рис.), из которых при раздражении инфузории выбрасывается тощая нить, при чем эти нити служат для защиты инфузории от врагов. Отметим еще, что у некоторых инфузорий описаны особые волокна, которые можно сравнивать с мышечными, а совсем недавно найдено даже нечто вроде нервной системы высших форм.

Таким образом, у инфузорий, хотя они и являются одноклеточными организмами, все же имеется рот (а у некоторых и постоянный задний проход для извержения непереваренных остатков), выделительно-дыхательный аппарат, особые образования для защиты и т. д., т.-е. их строение очень сложно. Неудивительно поэтому, что многие из прежних исследователей упорно отказывались считать инфузорию за одноклеточные организмы, и справедливость последнего была окончательно доказана всего каких-нибудь пятьдесят лет тому назад. Таким образом, свободноживущие клетки могут оставаться и довольно просто устроенными (амеба), а могут вырабатывать в себе и довольно сложное строение (инфузории), достигая высшей степени осложнения клеточного строения.

Подводя итоги всему сказанному здесь о строении организмов, приходится признать, что с анатомической точки зрения основной жизненной единицей является клетка, в которой все проявления жизни и должны найти свое выражение в наиболее простой и ясной форме. Самые низшие из организмов, вроде амебы, и представляют из себя довольно просто устроенные клетки в их типичной форме. Дальнейшее усложнение строения или, как говорится, организации могло пойти и, действительно, пошло двумя путями: во-первых, путем усложнения строения самой клетки, возникновения в ней ряда специальных образований, примером чего являются высшие простейшие — инфузории, и, во-вторых, путем соединения клеток в ткани

и тканей в органы с разделением между ними труда, т.-е. благодаря возникновению многоклеточного строения. Второй путь оказался более предпочтительным, так как при этом могли увеличиваться и размеры организмов и достигалось большее усложнение строения,— и вот почему мы видим, что именно таково строение большинства типов животного царства и отделов растительного, представители которых являются многоклеточными существами, состоящими из тканей и органов. Однако, и в их теле клетка осталась основным жизненным элементом.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ.

Отправления организмов.

Физиология. — Животные и растительные функции организмов. — Обмен веществ и энергии: состав живого вещества; принятие веществ; ассимиляция и диссимиляция; возврат веществ; обмен энергии. — Движение: движение протоплазмы; мерцательное движение; мышечное движение. — Раздражимость: виды раздражений тропизмы; специфическая энергия; рефлекторная дуга.

Физиология.

Каждое живое существо или организм не только имеет известное строение, изучаемое анатомией: ему присущ и целый ряд отправлений, как питание, выделение, размножение и др., в которых и выражается его жизнедеятельность. Изучением этих отправлений живых организмов занимается особая биологическая дисциплина, именно физиология, которая, как и анатомия, начала разрабатываться еще в древние века, а особенно энергично с XVII столетия.

Подобно анатомии, физиология, по мере своего развития и углубления, должна была разделиться на две самостоятельных дисциплины: физиологию животных и физиологию растений, каждая из которых изучается в настоящее время отдельно, так как первая входит в состав зоологии, а вторая — в состав ботаники. Однако, для биологии интересны только общие выводы этих физиологических дисциплин или то, что может быть названо общей физиологией.

Так как такие же общие выводы анатомического изучения организмов или данные общей анатомии нам теперь уже известны по тому, что было изложено в предыдущей главе, то не трудно заранее сказать, какой характер будут носить эти данные общей физиологии. Раз основным анатомическим элементом в теле каждого организма является клетка, в которой все проявления жизни и находят свое наиболее простое и общее выражение, то отсюда ясно, что общая физиология и должна быть прежде всего физиологией клетки. Вот почему и в этой главе, посвященной вопросу об отправлениях живых существ, мы должны будем иметь дело опять-таки, главным образом, с клетками, а отнюдь не с органами или тканями.

Животные и растительные функции организмов.

Каковы же, однако, те главные отправления, на которые сводится жизнедеятельность каждого организма и в том числе каждой клетки? Таких главных отправлений можно насчитать четыре, а именно:

- 1) процессы питания, дыхания, выделения, тесно связанные друг с другом в одно общее целое, которое может быть лучше всего охарактеризовано, как обмен веществ и энергии в организме;
- 2) явления размножения или воспроизведения себе подобных;
- 3) явления движения;
- 4) целый ряд процессов, которые известны под именем раздражимости или чувствительности.

Нередко обмен веществ и размножение объединяются под общим именем растительных процессов или функций, точно также движение и чувствительность иногда называют животными функциями организма. В связи с этим те органы, которые служат для целей обмена веществ и размножения (органы пищеварения, дыхания, выделения, кровеносная система, половые органы) называют органами растительной жизни, а органы движения и связанные с процессами раздражимости (т.-е. мускулатуру, нервную систему, органы чувств)—органами животной жизни.

Эти названия возникли благодаря распространенному раньше убеждению, что питание и размножение являются отправлениями, общими для животных и растений, тогда как движение и чувствительность свойственны только представителям животного царства*). Взгляд этот, как мы дальше увидим, неправилен, так как все перечисленные главные отправления организмов в большой или меньшей степени присущи каждой клетке, значит, раздражимость и способность к движению не могут уже в силу этого отсутствовать у растений. Но справедливо и то, что у последних эти отправления по сравнению с животными отступают на задний план, а обмен веществ и размножение одинаково хорошо выражены у представителей как животного, так и растительного царства, почему подобная терминология и удержалась до сих пор в науке.

Переходя теперь к рассмотрению этих главных отправлений живых существ, мы начнем с самого важного из них, именно с обмена веществ.

А. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ.

Состав живого вещества.

Для всех организмов в высшей степени характерен прежде всего обмен веществ, при котором различные вещества—в виде пищевых веществ, воды, кислорода для дыхания—все время поступают из окружающей среды в тело организмов, а вместо этого ряд других веществ—в виде продуктов пищеварения и выделения или углекислоты при дыхании—выводится из тела организмов наружу. Такого обмена веществ мы не встречаем у существ умерших и во-

*) Линней, например, проводил такое различие между тремя царствами природы: „Минералы существуют, растения существуют и растут (т.-е. питаются и размножаются, можем сказать мы теперь), животные существуют, растут и чувствуют“.

обще безжизненных: как только прекращается или замирает жизнь, так сейчас же приостанавливается и этот правильный обмен веществ между телом организма и окружающей его средой. Значит, в нем мы сталкиваемся с одной из характерных особенностей жизни, отличающей ее от смерти и живые организмы от безжизненных. — Благодаря чему же однако возникает этот обмен веществ и как он вообще протекает? Для понимания этого нам нужно сказать несколько слов о том, какие вещества вообще входят в тело организмов, т.-е. о составе живого вещества.

Состав различных веществ изучается, как известно, особой наукой — химией, которая различает тела простые, ни из каких других более не состоящие, и тела сложные, состоящие из простых тел. Простые тела, входя в состав сложного тела, получают название элементов; таких элементов известно в настоящее время около 80, при чем каждое сложное тело заключает в себе ряд элементов.

Те вещества, из которых состоит тело любого организма, относятся, конечно, к числу сложных тел, или химических соединений, и содержат в себе различные химические элементы. Однако среди них нет ни одного такого, который бы встречался только у живых организмов и отсутствовал бы в мертвой природе: напротив, живое вещество, как показывает химический анализ, содержит в себе постоянно около 20 элементов, которые в то же время широко распространены и среди тел мертвой природы, — к ним относятся углерод, кислород, водород, азот, сера, фосфор, хлор, калий, натрий, магний, кальций, железо и другие. И тем не менее различие в составе тел организмов и тел мертвой природы все же имеется: только они отличаются друг от друга не этим, как говорится, элементарным составом, а тем, что некоторые элементы образуют в живом веществе совершенно особые соединения, характерные только для организмов и нигде кроме них в природе не встречающиеся.

Давно уже в химии принято делить все соединения, которые она изучает, на две главных группы — неорганические и органические. Это разделение, строго говоря, неправильно и возникло чисто исторически, так как прежде предполагалось, что так называемые „органические“ соединения образуются только в живых телах, но позднее выяснилось, что большое число их ничего общего с организмами не имеет. На самом деле, так называемые органические соединения отличаются от неорганических, во-первых, тем, что они заключают в себе особый элемент — углерод (встречающийся в природе в виде трех простых тел — угля, графита и алмаза), и, во-вторых, своим гораздо более сложным составом.

Мы сказали, что многие из органических соединений ничего общего с организмами не имеют, однако к этой же группе принадлежат и те соединения, которые характерны только для организмов, при чем это будут как раз наиболее сложные органические соединения.

Наибольшей сложностью среди всех соединений углерода и вообще среди всех известных соединений отличаются белковые

тела или просто белки: это и будет тот главный строительный материал, из которого построена протоплазма каждой клетки (о чем мы уже упоминали выше), а, значит, и тело любого организма.

В состав белковых тел входит всегда 5 элементов: углерод, водород, кислород, азот и сера, к которым присоединяются иногда и еще некоторые, но сложность их строения объясняется, конечно, не только этим. Как известно, согласно современным химическим воззрениям, простые тела состоят из мельчайших неделимых далее частиц или атомов, а эти атомы соединяются друг с другом в более крупные группы и образуют молекулы или частицы. Чем сложнее состав данного сложного тела или химического соединения, тем больше различных атомов, из которых образуется его молекула. Так, молекула воды, которая представляет из себя соединение водорода с кислородом, содержит всего 3 атома (2 атома водорода и 1 атом кислорода), в состав углекислого газа или углекислоты входят тоже 3 атома (1 атом углерода и 2 атома кислорода), в состав уже довольно сложного органического соединения виноградного сахара — 24 атома (6 — углерода, 12 — водорода, 6 — кислорода) и т. д. Белковые же тела, состав которых удалось более или менее установить, имеют неизмеримо более сложные молекулы, состоящие из очень большого числа атомов. Так, по исследованию одного химика, в молекуле того белкового вещества, от которого зависит красный цвет нашей крови (гемоглобина), содержится свыше 2000 атомов, а именно 712 атомов углерода, 1130 атомов водорода, 245 атомов кислорода, 214 атомов азота, 2 атома серы и 1 — железа. Такой же, а иногда еще более сложный состав имеют молекулы и других белковых тел *).

С этой сложностью строения белковых молекул находится в самой тесной связи и другое их свойство, именно неустойчивость. В отличие от более просто построенных и потому более прочных молекул других соединений, молекулы различных белковых тел очень легко претерпевают всевозможные превращения и разлагаются, распадаясь на меньшие по размерам частицы более просто построенных соединений. Особенно это справедливо для живых белковых веществ, которые отличаются чрезвычайной подвижностью и постоянно изменяют свое строение. Отсюда вытекает и необходимость постоянного обмена веществ в организмах: их главный строительный материал — белковые тела — непрерывно разрушаются и разлагаются на более простые соединения, которые отчасти и выводятся наружу; очевидно, для того, чтобы не разрушалось все тело организма, рядом с этим процессом разрушения все время должен идти обрат-

*) Все эти отношения выражаются гораздо проще и короче при помощи химических формул, в которых буквы указывают, какие элементы входят в частицу (водород обозначается при этом буквой Н, кислород — буквой О, углерод — буквой С и т. д.), а цифры при них — сколько именно атомов каждого элемента заключает в себе такая частица. Таким образом, формула воды будет H_2O углекислого газа — CO_2 , виноградного сахара — $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, тогда как гемоглобин — $\text{C}_{712}\text{H}_{1130}\text{O}_{245}\text{N}_{214}\text{S}_2\text{Fe}$.

ный ему процесс созидания, т.-е. построение живого вещества — главным образом, тех же белковых соединений — на счет более простых веществ, воспринимаемых извне. Обмен веществ и является постоянной сменой органического созидания и органического разрушения, как хорошо охарактеризовал его знаменитый французский физиолог Клод Бернар. Главную роль в этом обмене веществ играют белковые тела, и если данное явление, как мы уже говорили, чрезвычайно характерно для жизни, как таковой, отличая любое живое существо от существа умершего или безжизненного, то состав из белковых тел не менее характерен для всех организмов, отличая их этим от тел мертвой природы. Таким образом, жизни во всех ее проявлениях прежде всего свойствен обмен веществ в белковых соединениях.

Белковыми соединениями, однако, отнюдь не исчерпывается состав живого вещества. В нем встречаются кроме белков и другие органические соединения, и из них наиболее важны две группы — углеводы и жиры. От белковых тел последние отличаются, во-первых, тем, что в них содержится только 3 элемента — углерод, водород и кислород, главное же, молекулы этих соединений никогда не достигают такой сложности, как у белков. К углеводам относятся различные виды сахара (виноградный, молочный, тростниковый и др.), крахмал (почти чистым крахмалом является, например, картофельная мука) и известная уже нам клетчатка. Свое название углеводов эти вещества получили благодаря тому, что в их молекуле атомов водорода всегда вдвое более, чем атомов кислорода, как в воде, почему они и кажутся состоящими как бы из нескольких атомов углерода и нескольких частиц воды *). Наконец, в состав жиров, к которым относятся различные животные жиры и растительные масла, входят те же три элемента, как и в состав углеводов, но уже в ином отношении.

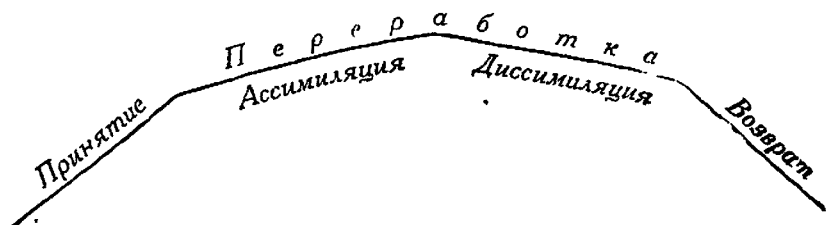
Кроме этих органических веществ каждый организм содержит в своем теле и некоторые неорганические вещества. К ним относятся прежде всего различные соединения, носящие название солей, в роде обычной поваренной соли (хлористого натрия) или фосфорнокислых солей, содержащихся обыкновенно в скелете, а затем вода. Воды в теле живых существ содержится очень много и во всяком случае гораздо больше, чем какого-либо другого вещества: в теле человека например, ее около $\frac{2}{3}$ (65%), тогда как белков только около $\frac{1}{5}$ (20%), а в очень сочных растениях и у некоторых студенистых морских животных содержание воды достигает до 95%. Такое богатство организмов водой чрезвычайно облегчает в их теле обмен веществ. „Тела действуют друг на друга только в растворе“ — гласит одно из старинных положений химии: следовательно, без воды раз-

*) Так, например, у виноградного сахара молекула содержит 6 атомов углерода, 12 атомов водорода и 6 атомов кислорода (формула $C_6H_{12}O_6$) и кажется состоящей как бы из 6 атомов углерода и 6 частиц воды ($C_6 + 6H_2O$).

личные химические превращения, и тем самым обмен веществ, были бы невозможны, богатство же водой сильно способствует последнему.

Как протекает, однако, сам обмен веществ и из каких процессов он складывается? Выше уже отмечалось, что под именем обмена веществ понимают процессы пищеварения, усвоения, выделения, дыхания и обращения соков в организме, для чего существуют и специальные системы органов. В такой последовательности рассматривают обычно обмен веществ, когда речь идет о нем или у животных или у растений в специальных физиологиях. Однако, нас здесь интересует только общая физиология, в частности физиология клетки, и с этой точки зрения лучше придерживаться иного деления. Мы разобьем поэтому весь обмен веществ на 3 фазы: принятие веществ, переработка веществ и возврат веществ, при чем будем иметь в виду, главным образом, процессы, происходящие в клетках.

Самая главная фаза — это, конечно, переработка веществ в недрах самого организма. Мы знаем уже, что во время ее происходит, с одной стороны, постоянное разрушение органического вещества, с другой же — построение его заново. Для каждого из этих процессов существуют тоже особые названия: органическое созидание называют иначе ассимиляцией, органическое разрушение — диссимиляцией. Первая из них вызывает необходимость постоянного притока веществ извне, т.-е. принятие веществ, вторая — столь же постоянное выделение веществ наружу, или возврат веществ. Наглядно это можно изобразить таким образом:



Рассмотрим теперь каждое из этих колен обмена веществ отдельно.

Принятие веществ.

Начнем с принятия веществ. Различные вещества принимаются как целыми организмами, так и отдельными клетками в твердом, жидком и газообразном виде. Наиболее распространенным случаем является при этом, конечно, поглощение клетками жидкой пищи, которая поступает в плазму клетки или непосредственно или проходит (как говорят, физики, диффундирует) через ее оболочку. Свободноживущие клетки поглощают жидкую пищу (обыкновенно вместе с водой) из окружающей их среды; клетки, входящие в состав тела животных и растений, получают ее из соков тела, циркулирующих или по сосудам у растений или по кровеносной системе

у животных. Так как большинство животных питается преимущественно твердой пищей, которая для поступления ее в кровь должна перейти в жидкое состояние, то для последней цели у них и существуют органы пищеварения. Специальные отделы последних, вроде желудка и различных желез, вырабатывают особые вещества, называемые ферментами, которые и переводят твердые составные части пищи в растворимые соединения, поступающие из кишечника в кровь и из нее в различные клетки тела. Так, железистые клетки желудка выделяют особый фермент—пепсин, который переводит в растворимое состояние различные белковые тела, превращая их в более простые химические соединения. Клетки лежащей за желудком поджелудочной железы вырабатывают сразу три фермента: один из них (трипсин) действует подобно пепсину на белки, другой (диастаз) переводит нерастворимый в воде крахмал в растворимый виноградный сахар, третий (стеапсин) расщепляет жиры, превращающиеся при этом тоже в более простые растворимые соединения. Таким образом, и при питании целого организма твердой пищей клетки его тела, благодаря деятельности пищеварительных органов, получают ее в жидком виде.

Принятие клетками газообразных веществ тоже очень распространенное явление и имеет место по отношению к двум веществам—кислороду и углекислому газу. Поглощение кислорода (обыкновенно из воздуха, гораздо реже из тех веществ, в которых живут некоторые микроорганизмы) носит обыкновенно название дыхания и свойственно всем без исключения клеткам—как растительным, так и животным, при чем в результате этого процесса клетки выделяют углекислый газ, который и удаляется наружу. Помимо дыхания у тех клеток растительного тела, которые имеют в своих пластидах зеленое красящее вещество или хлорофил, существует и обратный процесс: поглощение ими углекислоты воздуха и выделение наружу вместо нее кислорода. Это явление, как мы дальше увидим, играет громадную роль в жизни организмов, однако самый процесс поглощения углекислого газа из воздуха зелеными растительными клетками носит более специальный характер, чем процесс дыхания: последний происходит во всех клетках в течение и дня и ночи, поглощение же углекислоты может совершаться только теми клетками, которые имеют хлорофильные зерна, да и в них только днем—под влиянием солнечного света. Различные наркотические вещества в роде хлороформа, эфира и др., если действовать ими на организмы, не оказывают никакого влияния на поглощение кислорода или дыхание, но быстро останавливают поглощение углекислоты зелеными растениями, что также свидетельствует о менее общем значении данного процесса по сравнению с дыханием.

Наконец, поглощение веществ в твердом виде свойственно только некоторым клеткам, и к ним относятся прежде всего многие свободноживущие клетки или простейшие. Мы говорили уже, что амеба (рис. 5) и другие корненожки не только двигаются при помощи своих ложных ножек, но и захватывают ими пищу, обволакивая та-

кими ложными ножками бактерий, различные мелкие водоросли — вообще твердые пищевые вещества. То же самое проделывают и инфузории, с тем различием, что у них для принятия твердой пищи существует особое отверстие — клеточный рот (рис. 15 — р), куда твердые пищевые частицы загоняются через околоротовое углубление (о.у.) благодаря деятельности ресничек.

Нельзя не отметить, что хотя большинство клеток тела высших многоклеточных животных, и человека в том числе, не имеет этой способности поглощать твердые вещества, но и у них в теле существуют элементы, которые обладают тою же способностью. Такими клетками являются особые клетки крови — белые кровяные шарики или лейкоциты. Подобно амебам они передвигаются при помощи выпускания отростков из своего тела, или ложных ножек, и этим же путем пожирают различные твердые вещества и особенно бактерий, попадающих в организм (см. рис. 16). Эта способность лейкоцитов пожирать различные ненужные и даже вредные для организма твердые частицы была открыта нашим соотечественником Мечниковым, который назвал за эту особенность данные клетки крови фагоцитами (пожирающими клетками), а самое явление фагоцитозом. Учение о фагоцитозе представляет большой практический интерес и играет важную роль в бактериологии и практической медицине.

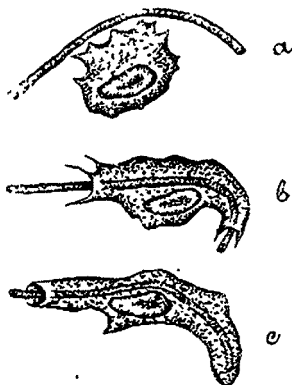


Рис. 16. Лейкоцит глотает, поедая бактерию.

Принятие клетками веществ в твердом виде не избавляет эти вещества от необходимости быть переваренными, т.-е. переведенными в жидкое состояние, только этот процесс переваривания разыгрывается уже не в желудке или кишках и вообще вне клетки, а в самой клетке. Последняя образует для этой цели в своей протоплазме пищевые вакуоли, о которых мы уже говорили при рассмотрении организации инфузорий (рис. 15 — п.в.); в них из протоплазмы поступают тоже ферменты, которые и переводят твердые пищевые частицы в жидкое удобоусвояемое состояние. Таким образом, здесь пищеварение совершается в самой клетке, и его называют поэтому внутриклеточным, у высших же форм, где имеются особые пищеварительные полости, этот процесс происходит уже в них, т.-е. вне клеток, почему его и называют внеклеточным.

Ассимиляция и диссимиляция.

Переходя к превращению веществ, мы начнем с процессов органического созидания или ассимиляции. Эти процессы протекают совершенно иначе у растений, чем у животных — вернее, иначе у организмов, имеющих хлорофил, чем у лишенных его.

Мы знаем уже, что хлорофилл содержится в особых зернах или зеленых пластидах, наполняющих собою протоплазму в клетках зеленых органов растения (рис. 17). Именно эти клетки обладают способностью кроме обычного процесса дыхания, т.-е. поглощения из воздуха кислорода и выделения углекислого газа, поглощать и последний, при чем процесс этот, как только что упоминалось, происходит только на свету. Хлорофилл, содержащийся в зеленых пластидах или хлорофильных зернах, обладает способностью собирать солнечные лучи, которые и разлагают при этом углекислоту. Последняя состоит, как мы знаем, из углерода и кислорода и разлагается под влиянием энергии солнечных лучей на эти свои составные части. Из них кислород сейчас же удаляется обратно в воздух, углерод же соединяется с водой, которой всегда имеется много в клетках, и образует углеводы. Повидимому, при этом сперва возникает виноградный сахар, о составе которого мы уже говорили (6 атомов углерода и 6 частиц воды), а затем он быстро переходит в крахмал. Этот крахмал отлагается в хлорофильных тельцах в виде маленьких зерен, хорошо заметных под микроскопом (рис. 17). Так совершается у растений первый и самый важный этап процесса ассимиляции: образование из двух неорганических веществ довольно простого состава — углекислоты и воды — довольно сложного органического соединения — крахмала.

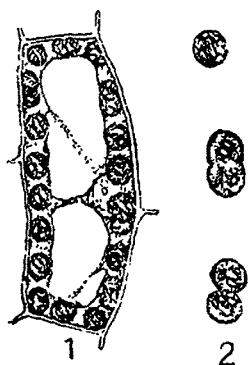


Рис. 17. Хлорофильные зерна: 1 — лежащие в клетке, 2 — во время деления.

Раз образование крахмала произошло, то возникновение других даже более сложных веществ, входящих в состав растительного тела, представляет уже меньше затруднений.

Из крахмала получают прежде всего другие углеводы, а также и жиры (различные растительные масла) путем уже менее сложных и трудных химических превращений. так как все эти органические соединения содержат те же три элемента: углерод, водород и кислород. Что касается до белков, то возникновение из крахмала и вообще углеводов белковой частицы уже гораздо сложнее, не только в силу ее большей сложности, но и потому, что в ней содержатся еще два элемента — азот и сера. Подробности этих превращений еще далеко не выяснены вполне, но во всяком случае несомненно, что эти два элемента при построении белков заимствуются растительными клетками из тех азотнокислых и сернокислых солей, которые поглощаются растением при помощи корней из почвы. Таким образом, растения, содержащие в своих клетках хлорофилл, благодаря присутствию последнего, образуют все сложные вещества своего тела, вплоть до белковых соединений, из самых простых неорганических соединений — углекислоты, получаемой ими из воздуха, и воды, а также солей азота и серы, воспринимаемых корнями из почвы.

Совершенно иначе протекает процесс ассимиляции у животных и тех растений, которые лишены хлорофила, а к ним относятся, например, все грибы. Благодаря отсутствию хлорофила их клетки уже неспособны произвести тот основной акт органического созидания, который так характерен для зеленых растений и происходит в их маленьких лабораториях — зеленых пластидах, сводясь к разложению углеводов и образованию крахмала. Заметим, что и человечество в своих лабораториях не разрешило этой задачи, и получение из простейших неорганических соединений сперва углеводов, а затем и белков — есть дело еще, вероятно, неблизкого будущего. Как бы то ни было, животные и незеленые растения не могут этого делать, почему для воссоздания своего тела или для своей ассимиляции они требуют белков, углеводов и жиров уже в готовом виде, которые и получают ими прямо или косвенно от растений (непосредственно — травоядными животными, через посредство последних — хищными). Благодаря этому животное царство не может обойтись без растительного, которое только одно, в лице зеленых растений, обладает способностью строить живую материю из более простых неорганических веществ, всюду широко распространенных в природе. Если бы сразу исчезли все растения, то за ними погибли бы сперва растительноядные формы животного царства, а затем и хищники, питающиеся последними.

Животные не только не могут создавать в своем теле из неорганических веществ углеводы, но они неспособны даже превращать углеводы и жиры в белки, присоединяя к ним азот из неорганических соединений, что делают не только те растения, которые обладают хлорофиллом, но и лишенные его, вроде грибов. Вот почему поддерживать жизнь животного только углеводами и жирами совершенно невозможно, и оно скоро погибнет, если ему не давать совсем белков.

Однако животный организм не строит вещества своего тела и непосредственно из тех белков, углеводов и жиров, которые содержатся в его пище. Последняя принимается обыкновенно в твердом виде и, как мы уже говорили, подвергается для перевода ее в растворимое состояние процессу пищеварения или внутри клеток или вне их, при чем все составные части пищи, т. е. белки, углеводы и жиры, переводятся в более простые органические вещества, и из них-то клетки животного и строят свое тело, пополняя постоянную убыль в своем веществе. Тем не менее эти продукты пищеварения, доставляемые током крови к клеткам, все же довольно близки по составу к тем конечным продуктам, которые там из них возникают, так что путь от принятой пищи до белковой молекулы у животных гораздо короче, чем у растений, — во много раз короче и проще у них и ассимиляционное колено обмена веществ.

Рядом с органическим созиданием или ассимиляцией в каждой клетке идут и процессы органического разрушения — так называемая диссимилиация.

Чрезвычайно важную роль в процессах диссимилиации играет кислород, принимаемый клетками в результате процесса дыхания.

Этот кислород, который поглощается клетками тела высших животных из омывающей их крови, энергично соединяется с продуктами распада сложных органических веществ — как говорится, окисляет их. Благодаря этому и образуются обычные соединения с кислородом: углерода, который имеется во всех органических соединениях, и водорода, тоже там всегда присутствующего. Соединение углерода и кислородом дает углекислый газ, а водорода с кислородом — воду. Вот почему первое место среди продуктов диссимиляции принадлежит углекислому газу, выдыхаемому при дыхании, и воде, которая у высших животных выделяется наружу особыми выделительными органами (почками). Кроме воды последние выделяют всегда и более сложные органические вещества вроде мочевины или мочевой кислоты, также возникающих в результате процессов органического разрушения.

Подробности образования этих веществ, в состав которых входит, между прочим, и азот, отличаются сравнительной сложностью; во всяком случае совершенно ясно, что при этом происходит распад не столько углеводов или жиров, входящих в состав организма, сколько его главного строительного материала — именно белков. Чрезвычайно характерно, что при разрушении белковой молекулы образуются вообще все те вещества, которые выделяются организмом, и существуют даже указания, что при разрушении белков получаются и углеводы, т.-е. такие вещества, которые необходимы для поддержания жизни. Все это доказывает лишний раз, что, действительно, для живых существ наиболее характерен обмен веществ в белковых соединениях, все же остальные вещества их тела играют при этом значительно меньшую роль.

Возврат веществ.

Третью и последнюю фазу обмена веществ представляет возврат веществ, непосредственно вытекающий из явлений диссимиляции, так как, раз живое существо все время разрушается, то, по крайней мере, часть продуктов распада должна удаляться вон из организма. Происходит это, если опять иметь в виду лишь клетку, так же, как и принятие веществ, т.-е. в жидком, газообразном и твердом виде, почему мы и можем не останавливаться на этом особенно подробно.

Наиболее частый и обыкновенный случай возврата веществ — это удаление клетками ненужных им продуктов распада или в кровь или прямо наружу в жидком виде. В газообразном виде клетки выделяют, как мы знаем, два вещества: углекислый газ в результате процесса дыхания и кислород в результате процесса усвоения углекислоты растительными клетками, содержащими хлорофил. Наконец, твердые вещества выделяют из своего тела те же клетки, которые могут и принимать пищу в твердом виде, т.-е. знакомые уже нам корненожки, инфузории из свободноживущих клеток, простейших, или белые кровяные шарики, лейкоциты, в нашем теле.

Для каждой отдельной клетки после того, как тот или иной продукт ее жизнедеятельности удален из нее, он в большинстве случаев не представляет уже более интереса и не играет в ее жизни какой-либо роли. Иначе обстоят дела с точки зрения целого многоклеточного организма: тут одни продукты жизнедеятельности его клеток ему тоже совершенно ненужны, другие же играют иногда еще очень важную роль. К числу первых относится, например, та же мочеви́на или мочева́я кислота, углекислый газ и другие: все такие вещества, ненужные более всему организму, называют экскретами. Их противоположностью являются секреты, которые не нужны отдельной образовавшей их клетке, но играют известную роль в жизни всего организма. К числу секретов относится, например, обширная группа ферментов, о которых мы упоминали, говоря о пищеварении: пепсин, образующийся в клетках желудка, трипсин, диастаз и стеапсин, вырабатываемые поджелудочной железой, — все эти продукты распада веществ тех клеток, в которых они образуются, при чем, будучи не нужны более каждой такой клетке, они играют, как мы знаем, важную роль в обмене веществ целого организма. Другим примером секретов могут служить пигменты — различно окрашенные вещества, отлагающиеся в клетках животных и растений в виде мелких зернышек и обуславливающие собой ту или иную окраску данного организма, и т. д.

Таковы те главные фазы, из которых складывается обмен веществ в каждой клетке и у каждого организма. Все изложенное здесь наглядно показывает, что это самое главное из всех отправления живых существ, без которого невозможна жизнь, и, действительно, раз прекращается обмен веществ, приостанавливаются сейчас же и все другие отправления. Кроме того в обмене веществ есть и еще одна важная сторона — именно связь его с обменом энергии на чем необходимо остановиться отдельно.

Обмен энергии.

Как известно, с точки зрения физики, столь же важным понятием, как вещество, является и другое понятие — энергия. Теплота, свет, электричество, химическое сродство и т. д. теперь рассматриваются как различные виды энергии (тепловая, световая, электрическая, химическая и пр.), которые могут переходить один в другой. Таким образом, подобно закону сохранения вещества, по которому вещество не творится и не пропадает, существует закон сохранения энергии, гласящий, что и энергия никогда не возникает и никогда не исчезает, а лишь переходит одна в другую. Этот закон управляет и обменом энергии между живыми существами и окружающей средой.

Заметим, что энергия, независимо от ее вида (т. е. будет ли это тепловая, химическая, механическая или любая другая) может существовать в двух формах или состояниях. Одно из них называется кинетическим и наблюдается тогда, когда данный вид энергии

проявляет свое действие: камень под влиянием энергии тяготения падает, два атома, обладающие химическим сродством, соединяются друг с другом и т. д. Другое состояние энергии — потенциальное, когда данный вид энергии имеется налицо и может проявить свое действие при известных условиях, но этого еще нет. Каждый из свободных атомов обладает запасом потенциальной энергии для соединения с другими, с которыми он еще не соединился, горючее вещество обладает потенциальной энергией, которую оно может развить, соединяясь с кислородом при горении, и т. д. Словом, потенциальная энергия переходит в кинетическую и обратно.

Понятно, что по отношению к обмену энергии организмы должны находиться в тех же самых отношениях, как и по отношению к обмену веществ, т.-е. они должны вводить в себя энергию извне, перерабатывать ее и выводить наружу. Этот процесс должен идти параллельно и в теснейшей связи с процессом обмена веществ.

И, действительно, при обмене энергии организмов наблюдаются те же различные типы, как при их обмене веществ. У животных источником энергии, поступающей в их тело, является, с одной стороны, кислород, поглощаемый при дыхании, с другой стороны, те сложные органические вещества (белки, углеводы и жиры), которые они принимают в виде пищи. Кислород обладает сильным химическим сродством, т.-е. стремлением соединяться с другими веществами, особенно с атомами углерода и водорода, в результате чего получаются углекислота и вода. При этом его потенциальная энергия освобождается в виде кинетической и превращается в тепловую и другие энергии. Точно так же, как говорилось выше, в углеводах, жирах и особенно в белках атомы связаны сравнительно непрочной связью, и эти сложные органические соединения легко распадаются на другие. При этом часть заключенной в них потенциальной энергии освобождается в виде кинетической, которая и используется организмом.

Таким образом, сложные химические процессы, сопровождающие принятие кислорода и пищевых веществ животными, приводят к переходу потенциальной энергии, скрытой в этих веществах, в кинетическое состояние. Организм отдает эту энергию наружу прежде всего в виде механической работы, производя различные движения, о которых мы будем говорить дальше. Другим видом энергии, развивающейся в теле животных, является тепловая: тело всех животных производит тепло, источником которого, как всем хорошо известно, являются процессы дыхания и пищеварения. Наконец, у некоторых животных организмов выводимая наружу энергия принимает вид не движения и не тепла, а какого-нибудь особого вида энергии: например, световой энергии у некоторых светящихся морских животных и насекомых и т. п., но подобные случаи уже более редки.

Иначе протекает обмен энергии в растительном царстве, у растений, обладающих хлорофиллом, обмен вещества в теле которых

протекает тоже очень своеобразно. Пища этих растений заключается в углекислоте, воде и простых минеральных солях, при чем во всех этих веществах атомы связаны очень стойкой связью, почему они не обладают запасом потенциальной энергии, как пищевые вещества животных. Благодаря этому, растения должны поглощать энергию из другого источника, и они получают ее от солнца. Мы говорили уже, что разложение углекислого газа и образование крахмала в зеленых клетках растения происходит только на свету: объясняется это тем, что кинетическая энергия солнечных лучей, как бы собираемых хлорофиллом, разлагает углекислоту и способствует образованию крахмала, переходя сама в потенциальную энергию этого углевода. Подобным же образом возникают в растительных клетках и снабжаются потенциальной энергией на счет кинетической энергии солнечных лучей и другие органические вещества, вроде жиров и белков. Следовательно, растения готовят и запасают для животных не только необходимые для их обмена веществ питательные вещества, но и скрытую в них потенциальную энергию, которая становится источником энергии, развиваемой животными.

Рядом с этим накоплением энергии в теле растений происходит и переработка ее, а также отдача наружу, как и в теле животных, ибо растения также дышат и поглощают кислород и производят тепло (напомним про нагревание прорастающих семян). Однако, по сравнению с накоплением энергии эти процессы в растительных клетках отступают на задний план, что стоит в связи и с более слабой диссимиляцией, происходящей в них.

Таким образом, лишенные хлорофила животные клетки имеют более сильно выраженное диссимиляционное колено обмена веществ и в них сильнее протекает выработка и потребление энергии; наоборот, в хлорофиллоносных растительных клетках сильнее выражено ассимиляционное колено обмена веществ и происходит, главным образом, накопление энергии. Вообще же обмен веществ и обмен энергии в каждой клетке и в каждом организме протекают в самой неразрывной связи друг с другом.

Нельзя не подчеркнуть еще раз, в заключение, той связи, которая существует, с точки зрения обмена веществ и энергии, между животным и растительным царством. Зеленые растения создают в своем теле из простых неорганических веществ сложные органические вещества, без которых жизнь животных невозможна. При этом ими поглощается солнечная энергия, которая, пойдя на приготовление белков, углеводов и растительных жиров, скапливается в этих веществах в виде потенциальной энергии. Животные, питаясь приготовленными в теле растений веществами, пользуются тем самым и этой энергией, переводя ее снова из потенциальной в кинетическую. Словом, животный мир живет на счет солнечной энергии, накапливаемой для него зелеными растениями.

Б. Д В И Ж Е Н И Е.

Выше уже упоминалось, что движение, в отличие от обмена веществ, называют жизненной функцией организмов. Действительно, способность к движению гораздо более распространена и сильнее выражена у животных, чем у растений; однако считать ее за нечто, свойственное только животному царству и отличающее его от растительного, нет решительно никаких оснований.

Начать с того, что и среди животных известно очень много сидячих форм, при чем они, будучи прикреплены к какому-нибудь предмету, ведут неподвижный образ жизни подобно расте-

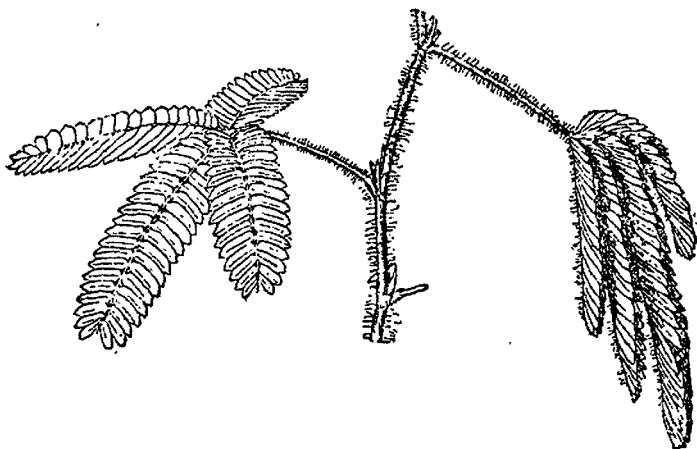


Рис. 18. Листья мимозы — налево в обычном положении, направо — после толчка или какого-нибудь другого раздражения.

ниям, к которым их раньше зачастую даже и относили из-за этого. Таковы, например, все губки, затем коралловые полипы и многие другие представители типа кишечнополостных, животная природа которых была доказана только лет 200 тому назад. Затем сидячие формы известны среди иглокожих, червей, моллюсков, ракообразных — аловом, среди представителей большинства типов животного царства.

С другой стороны, движения — правда, более медленные и при том не всего тела, а отдельных органов — наблюдаются и у многих растений. Сюда относятся, например, те движения, которые продельвают вьющиеся растения, вроде хотя бы общеизвестного хмеля, обвивающегося кругом других растений, или лазящие растения, которые, как дикий виноград, горох и другие, взбираются на различные предметы при помощи усиков или прицепков. Сравнительно быстрые движения листьев можно наблюдать у мимозы, получившей даже видовое название — „стыдливая“ (*Mimosa pudica*), так как при толчке или прикосновении ее отдельные листочки складываются, и весь лист опускается вниз (рис. 18).

Таким образом, способность к движениям присуща как представителям животного, так и растительного царства. Иначе, впрочем, и быть не может, так как изучение клетки показало, что способность к движению есть свойство, характерное и для клетки, вернее, для ее протоплазмы, так как протоплазма большинства клеток сама по себе находится в постоянном движении. Это и будет, конечно, самый простой и основной вид движения, с которого и следует начать рассмотрение данного явления.

Движение протоплазмы.

Движение протоплазмы, сказали мы, свойственно большинству клеток. Однако, подметить его можно далеко не всегда, и оно ясно выступает только на некоторых особенно подходящих для этого объектах. Сюда относятся прежде всего клетки, лишенные оболочки и способные поэтому изменять форму своего тела, как это постоянно делают уже знакомые нам амебы (рис. 5) и белые кровяные шарики или лейкоциты (рис. 16). Они двигаются, как мы знаем, путем выпуска из своего тела особых отростков или ложных ножек, в которые и переливается затем протоплазма такой клетки. Подобное движение называют иногда амебодным, но оно является, конечно, простым движением всей протоплазмы.

Другой объект, на котором хорошо видно последнее, это те растительные клетки, в которых скопилось много клеточного сока. При этом, как мы знаем, вся протоплазма оттесняется к оболочке в виде так называемого стенкоположного слоя (рис. 14—4) и, так как он обыкновенно заключает в себе хлорофильные зерна и другие включения, то, следя за ними, легко подметить, что вся протоплазма в таких клетках находится в состоянии медленного струйчатого движения или вращения внутри облегающей ее твердой оболочки.

У других клеток, снабженных оболочкой, но не имеющих внутри себя такого обширного соковместилища, подметить движение их протоплазмы очень трудно, а иногда и невозможно. Однако, в том, что оно и здесь существует, можно убедиться при помощи косвенных данных, почему теперь и принимают, что движение протоплазмы свойственно большинству клеток.

Мерцательное движение.

Вместо простого движения протоплазмы у некоторых клеток существует особый род движения, носящий название мерцательного, для которого в теле клетки должны быть уже особые образования вроде жгутиков или ресничек.

С ресничками мы уже знакомы и знаем, что так называют особые выросты протоплазмы, которые покрывают у некоторых свободно живущих клеток, именно у инфузорий, все их тело (рис. 15),

при чем эти реснички находятся в постоянном движении и вызывают собою и движение всего животного. Их работу можно сравнить с работой множества весел, которые загребают воду и, вызывая ток воды, передвигают лодку,, к которой принадлежат. Такие же реснички имеются на поверхности некоторых клеток нашего тела, но служат уже здесь не для передвижения всей клетки, а исполняют какое-нибудь другое назначение. Так, клетки, высти-

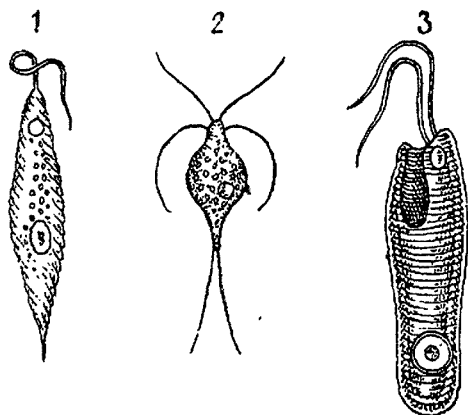


Рис. 19. Жгутиконосцы (под микроскопом):
1 — *Englena viridis*, 2 — *Hexamitus inflatus*,
3 — *Chilomonas paramecium*.

лающие наши дыхательные пути (дыхательное горло, гортань), снабжены ресничками, тоже находящимися в постоянном движении, но целью последнего является поддержание в чистоте слизистой оболочки и удаление попадающих на нее при дыхании посторонних частиц.

Жгутики, которыми также снабжены многие клетки, отличаются от ресничек, во-первых, своей большей величиной, а также тем, что их имеется обыкновенно немного — один-два-три, во всяком случае меньше десятка, тогда как ресничек бывает

обыкновенно очень большое число. Такими жгутиками всегда снабжены представители особого класса простейших, носящие название жгутиконосцев, три формы из которых изображены на рис. 19. В отличие от знакомых уже нам корненожек, двигающихся путем выпуска ложных ножек, и инфузорий, у которых органами движения являются их реснички, жгутиконосцы передвигаются при помощи своих жгутиков, которые совершают все время колебательные движения, как и реснички. Если последние мы сравнили по характеру их работы с веслами, то жгутики, помещающиеся обычно на переднем или заднем конце простейшего, действуют уже скорее на подобие парового винта, вызывая своим вращением поступательное движение всего животного. Такие же жгутики имеются у некоторых клеток в теле многоклеточных животных.

Мышечное движение.

Однако главным видом движения у последних является отнюдь не мерцательное, а мышечное движение, связанное с особыми клетками тела, носящими название мышечных клеток и образующими в своей совокупности мышечную ткань, из которой построены мускулы тела. Для мускулов и тем самым для мышеч-

ной ткани чрезвычайно характерной особенностью является их сократимость, т.-е. способность сокращаться, уменьшая свою длину и увеличивая поперечник, а так как мышцы прикрепляются своими концами к костям или к другим частям тела, то при своем сокращении они и вызывают всевозможные движения.

Искать объяснение причины этого свойства, т.-е. сократимости, нужно, конечно, в тех клетках, из которых построены мускулы и вообще мышечная ткань. И, действительно, эти клетки отличаются от клеток других тканей, во-первых, своей удлинненной — как говорят, веретеновидной — формой, главное же тем, что в их протоплазме содержится множество тоже удлинненных и лежащих параллельно друг другу тончайших волоконцев, называемых мускульными волокнами или фибриллами (см. рис. 9 на стр. 26). Способность сокращаться или, как говорят, сократимость и присуща именно этим волокнам или фибриллам: при сокращении каждое из них делается значительно короче и толще, отчего и та клетка, в которой они содержатся, испытывает такое же изменение, а сокращение клеток вызывает и сокращение всей мышцы, которая из них состоит. После сокращения мышечные волокна снова расслабляются и растягиваются, а за ними то же изменение испытывают клетки и, наконец, весь мускул.

Нельзя не отметить, что мышечное движение свойственно не только многоклеточным животным, но встречается, правда в самой упрощенной форме, даже у высших форм из типа простейших, именно у некоторых инфузорий, о строении которых мы уже говорили выше. К ним, кроме форм свободно-подвижных, двигающихся подобно туфельке при помощи ресничек, относятся и некоторые сидячие формы. Одна из них, именно сувойка, изображена на нашем рис. 20, при чем, как видно на нем, ее тело сидит на длинном стебельке. Последний обладает способностью сокращаться, закручиваясь на подобие штопора и оттягивая тело инфузории вниз (b). Происходит же это благодаря тому, что внутри стебелька проходит сократимая нить (c), которая и вызывает данный эффект, почему ее вполне можно назвать мышечной нитью.

Таким образом, мы видим, что самой простой формой движения является движение протоплазмы, свойственное, повидимому, большинству клеток. Сложнее его мерцательное движение и еще сложнее мышечное, так как для них из протоплазмы клеток должны возникнуть уже особые образования. При мерцательном движении последние развиваются снаружи клетки в виде жгутиков и ресничек, в случае же мышечного движения дело идет уж о внутриклеточ-

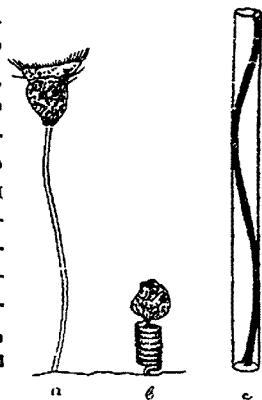


Рис. 20. Сувойка (под микроскопом): а — вытянутая, б — сократившаяся, с — стебелек с мускульной нитью.

ных образованиях — мускульных волоконцах или фибриллах. Однако, все это производные протоплазмы, и, как они произошли из нее, так и более сложные движения, мерцательное и мышечное, произошли из более простого случая — движения всей протоплазмы.

Таковы три наиболее распространенных вида движения. Кроме них известны и еще некоторые, но они носят более специальный характер, встречаясь лишь в отдельных группах животных и растений, почему мы и не будем здесь на них останавливаться.

В. РАЗДРАЖИМОСТЬ.

С движениями живых существ тесно связано другое свойство их — чувствительность. Оно хорошо знакомо нам по нашей собственной способности к ощущениям, а, наблюдая поведение других людей, животных и вообще всех свободно-подвижных существ, т.-е., главным образом, их движения, мы убеждаемся, что такая же способность присуща и им, т.-е. что и они обладают чувствительностью. Труднее решить вопрос, присуща ли чувствительность растениям и тем низшим животным, которые, ведя сидячий образ жизни, не обнаруживают сильных движений. Первоначально даже принималось, что чувствительны только животные, растения же совсем лишены этого свойства ^{*)}, почему до сих пор чувствительность вместе со способностью к движениям и фигурируют в физиологии под именем животных функций организмов. Однако, эта точка зрения оказалась неправильной, так как на самом деле чувствительностью обладают и растения, только это свойство у них менее заметно, так как и способность к движениям у них выражена значительно меньше, а благодаря этому труднее подметить внешние проявления чувствительности. Что последняя, действительно, присуща и растительным организмам, видно наглядно на примере той же мимозы, о которой мы уже упоминали (см. рис. 18¹): никто, конечно, увидев, как она складывает листья при прикосновении, не усомнится в том, что это существо, обладающее чувствительностью. Такие же заметные проявления чувствительности обнаруживают и еще некоторые растения, хотя в общем число подобных форм в растительном царстве очень невелико. Однако, и этих немногих случаев достаточно, чтобы признать, что чувствительность встречается в обоих царствах природы, т.-е. присуща всем организмам.

К такому же заключению мы пришли выше и по отношению к другой тоже „животной“ функции, именно по отношению к движению. Свое объяснение там это нашло в том, что способность к движению оказалась общим свойством каждой клетки, именно ее протоплазмы, почему невольно является вопрос, не обладает ли протоплазма всех клеток также и чувствительностью? На этот вопрос в настоящее время приходится ответить тоже утвердительно,

^{*)} См. слова Линнея, приведенные в примечании на стр. 37.

что и объясняет широкое распространение данного явления у всех организмов.

Заметим, что слово чувствительность предполагает процесс чувствования — процесс, который мы легко наблюдаем в себе самих, но о котором можно только предполагать в других существах. Такие предположения, поскольку дело идет о людях и высших животных, да и вообще о формах, имеющих особые органы чувств вроде глаза, уха и т. д., конечно, вполне допустимы. Однако говорить о чувствительности у самых низших животных, растений и тем более у клеток уже гораздо менее удобно, почему этот термин обычно заменяют здесь другим, притом более общим, и говорят о раздражимости.

В самом деле, все наши ощущения, к которым и сводится чувствительность, возникают под влиянием тех или других изменений в окружающей нас обстановке, или, как обычно выражаются, во внешних факторах, влияющих на организм. Мы воспринимаем, ощущаем или чувствуем, что стало холоднее, когда понизилась окружающая нас температура, что стало темнее, когда зашло солнце или потух свет, и т. д. Эти ощущения, большей частью, вызывают в нас известные движения, по которым мы обычно и судим об ощущениях других людей, замечая, что им стало тоже холоднее или теплее, что они испытывают чувство боли, удовольствия или неудовольствия от той или иной перемены во внешних условиях и т. д.

Так вот в физиологии принято называть всякое изменение во внешних факторах, действующих на организм, раздражением, а присущее всем организмам свойство воспринимать эти раздражения и отвечать или реагировать на них известным образом — раздражимостью.

Это понятие раздражимости гораздо удобнее понятия чувствительности, так как не включает в себе элемента чувствования и ощущений, доказать наличность которых у многих живых существ очень трудно. В то же время оно значительно шире его, так как наша собственная чувствительность представляет из себя, очевидно, лишь особый вид раздражимости. Вот почему мы и будем в дальнейшем говорить все время о раздражимости, как о более общем свойстве живого вещества.

Когда учение о раздражимости еще только начинало развиваться, на нее смотрели несколько иначе и думали, что этим свойством обладают только некоторые ткани, в частности нервная ткань, другие же лишены данной способности. Даже относительно мускулов долго держалось убеждение, что они раздражимы не прямо, а косвенно, через посредство нервов. Однако, дальнейшие исследования показали, что раздражимостью обладают многие низшие животные а также растения, у которых нет нервной системы. С другой стороны, удалось установить, что это свойство присуще и самым низшим живым существам — простейшим, тело которых является одной единственной клеткой, чем окончательно было доказано, что раздра-

жимость не зависит от нервной системы, а является одним из основных свойств живого вещества—особенностью, присущей уже клеткам.

Мы и рассмотрим здесь это свойство прежде всего в его наиболее общем виде, как оно проявляется у отдельных клеток. Конечно, далеко не все клетки пригодны для изучения данного явления, так как проявляется раздражимость особенно наглядно в движении, почему клстки неподвижные, которых большинство, и не подходят для изучения ее. Напротив, свободно-подвижные клетки, как все простейшие, белые кровяные шарики и т. п., являются наиболее удобными объектами для изучения раздражимости, и на них-то она, главным образом, и изучается.

Различные виды раздражений.

Однако каковы те раздражители, которые влияют на живые существа извне? Сообразно с теми видами энергии, которые различают в физике, их можно разделить на несколько групп, среди которых главнейшими будут следующие четыре:

1) тепловые раздражения, зависящие от изменений температуры той среды, в которой находится организм;

2) световые раздражения благодаря воздействию световых лучей;

3) механические раздражения от давления, прикосновения, действия силы земного притяжения и т. п.;

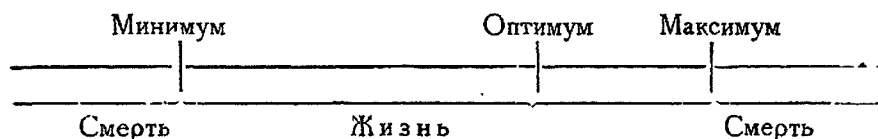
4) химические раздражения, к которым относятся химические изменения в составе пищи или той среды, в которой живет данный организм, и т. д.

Таким образом, к этим главным видам раздражений относятся все те жизненные условия, среди которых и протекает жизнь любого организма, любой клетки. Каждое из этих жизненных условий может иметь место в различной степени: например, температура может быть низкой или высокой, количество пищи малым или большим и т. п. Однако, для каждого из данных жизненных условий или раздражителей организмов существуют известные границы, выше и ниже которых жизнь вообще невозможна. Одна из них называется высшей или максимум, другая—низшей или минимум, а между ними лежит та величина или степень развития данного условия, при которой жизненные процессы протекают лучше всего—ее называют оптимум.

Возьмем, например, температуру. Для большинства клеток температура в 40° по Цельсию является уже тепловым максимумом, так как при дальнейшем повышении температуры наступает свертывание белковых веществ и смерть клетки. Тепловой минимум лежит близко от 0°, так как при этой температуре замерзает вода, содержащаяся в большинстве клеток. Оптимум же температуры довольно различен: для клеток, например, человеческого тела он равен нормальной температуре его, т.-е. 37° по Цельсию, у инфузории туфельки или парамеции уже ниже, равняясь 26°—28° по

Цельзину. Подобные же точки можно установить для содержания, или, как говорят, концентрации различных химических веществ. Например, клетки тела высших многоклеточных животных быстро погибают, если их перенести в чистую воду, но если растворить в ней небольшое количество (немного менее 1%) обыкновенной поваренной соли (хлористого натрия), то в этом растворе, называемом физиологическим, так как он широко применяется в лабораториях, они живут довольно долгое время. Для различных организмов optimum содержания соли в физиологическом растворе несколько меняется от 0,7% до 0,9%, если же мы станем усиливать концентрацию соли в этом растворе или уменьшать ее, то скоро достигнем в одном случае максимума, в другом случае минимума концентрации, дальше которых нельзя идти без того, чтобы не убить помещаемые в него клетки.

Все эти отношения можно изобразить следующей схемой.



Если теперь какой-нибудь организм или клетка находится в оптимуме любого жизненного условия, то никакого раздражения со стороны данного внешнего фактора не происходит: в частности человек при этом просто не замечает, что окружающая его температура самая подходящая, что атмосферное давление вполне нормальное и т. д. Раздражение при этом равно нулю: его нет. Напротив, так только те или иные внешние условия из оптимума уклоняются в сторону максимума или минимума, они начинают действовать раздражающим образом, и это раздражение все усиливается и усиливается, пока в точках минимума и максимума не станет наибольшим, после чего уже наступает смерть.

Тропизмы.

Представим себе теперь, что любой организм или клетка, при том обладающие способностью к произвольному движению, подвергаются действию одностороннего раздражения, т.-е. тот или иной раздражитель действует на них лишь с одной стороны: как будет отвечать данный организм на подобное раздражение? Не трудно угадать, что, обладая способностью изменять свое положение, он будет двигаться, стремясь переместиться туда, где раздражение меньше, т.-е. к оптимуму данного условия. Так поступают при этом не только высшие и вообще многоклеточные организмы, но и все клетки, если только они обладают подвижностью. Если температура с одной стороны стала слишком высока или низка и приближается таким образом к максимуму или минимуму,

то наша клетка уходит в другую сторону, где тепловые условия ближе к ее оптимуму. Если, наоборот, клетка уже до того находилась под влиянием слишком высокой или низкой температуры, и раздражение в одном месте изменилось так, что тут оно стало меньше или больше, но во всяком случае ближе к оптимуму, то клетка двигается в сторону этого нового раздражения. Совершенно то же самое происходит, конечно, и под влиянием света, растворов солей и вообще всяких других раздражителей.

Подобного рода произвольные движения получили название тропизмов, при чем, если в данном случае действует температура, то говорят о термотропизме, если дело идет о свете — о фототропизме, если о силе земного притяжения — о геотропизме, если о химических раздражителях — о хемотропизме и т. д. Каждый такой тропизм может быть двоякого рода: положительным, если движение направлено в сторону раздражителя, и отрицательным, если оно направлено от него; примеры того и другого мы сейчас увидим.

Из сравнительно большого числа известных тропизмов мы остановимся лишь на нескольких главнейших. К ним относится прежде

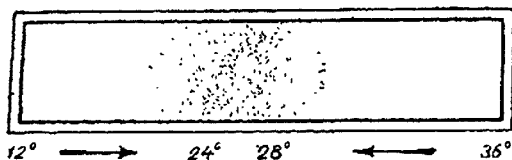


Рис. 21. Термотропизм у инфузорий.

всего термотропизм — движение к теплу или от тепла в зависимости от действующей температуры и теплового оптимума данной клетки. Это явление очень удобно наблюдать у знакомых уже нам инфузорий — туфельек или па-

рамедий. Если налить в особую ванночку воду, в которой много этих инфузорий, и нагреть один конец ее так, что на нем будет довольно высокая температура (36°), тогда как на другом конце она довольно низка (12°), то скоро окажется, что все инфузории собрались с обоих концов в середину ванночки, где температура равна их оптимуму, т.-е. 26° — 28° (см. рис. 21). При этом те парамеции, которые находились на более холодном конце ванночки, стремились к данному раздражителю или теплу, т.-е. обнаруживали положительный термотропизм, напротив, на более теплом конце они уходили от тепла и обнаруживали отрицательный термотропизм. Объясняется это всецело положением теплового оптимума у инфузорий туфельек, почему и можно сказать, что по отношению к температурам ниже 26° они положительно-термотропичны, по отношению же к температурам выше 28° обнаруживают отрицательный термотропизм.

Если бы вместо этих инфузорий можно было взять какие-нибудь свободно-подвижные клетки нашего тела, хотя бы белые кровяные шарики или лейкоциты, то результат получился бы уже несколько иной. Так как у них температурный оптимум равен 37° , то положительный термотропизм они обнаружили бы вплоть до

этой температуры, а отрицательно-термотропичными становились бы лишь выше ее. Таким образом, одна и та же температура (например, 30°), действуя на различные клетки, может вызвать не только различный, но и прямо противоположный результат: одни из них будут стремиться к ней, другие, напротив, уходить от нее.

Совершенно то же самое мы увидим, если вместо термотропизма будем исследовать движения клеток под влиянием света или фототропизм. Если в какой-нибудь сосуд, например, в банку, налить воды из пруда, в которой плавают различные инфузории, жгутиконосцы и другие простейшие, и поставить этот сосуд на окно, то очень скоро можно убедиться, что одни виды простейших соберутся на стороне сосуда, обращенной к свету, а другие на противоположной стороне. Данная степень освещения, влияя на различные клетки, вызывает и различный результат: на одних она оказывает притягивательное действие, т.-е. они обнаруживают положительный фототропизм, другие, напротив, по отношению к ней отрицательно-фототропичны. Но вот выглянуло солнце, осветило окно, и мы замечаем, что и те инфузории, которые были до тех пор на освещенной стороне сосуда, перешли на противоположную. Объясняется это тем, что данная степень освещения уже превысила световой оптимум у этих инфузорий, почему их фототропизм из положительного стал тоже отрицательным.

Явление положительного фототропизма проще всего наблюдать даже не у клеток, а на растениях в комнате. Каждый знает, конечно, что они тянутся к свету, так что время от времени горшки с комнатными растениями даже нужно поворачивать, чтобы получить растение, растущее прямо*). То же самое происходит и у некоторых сидячих морских животных, если держать их в аквариумах, освещаемых с одной стороны, и т. д.

Чрезвычайно большую роль в жизни клеток и вообще всех организмов играет хемотропизм — стремление приблизиться к известным химическим раздражителям или, наоборот, удалиться от них. Такими химическими раздражителями могут быть самые разнообразные вещества, при чем необходимые для жизни клеток вызывают положительный хемотропизм, а ненужные и тем более вредные — отрицательный. Конечно, даже по отношению к необходимым для жизни веществам имеется известный оптимум их содержания или концентрации, и если последняя повышается выше оптимума, то положительный хемотропизм переходит в отрицательный. Для вредных же или ядовитых веществ оптимум их содержания равен нулю, почему здесь всегда и проявляется лишь отрицательный хемотропизм.

*) Фототропизм у растений часто называют гелиотропизмом (от слова гелиос — солнце). Отчасти под влиянием гелиотропизма стебель у растений и растет вверх, а корень вниз (отрицательный гелиотропизм). Впрочем, еще большее влияние на это оказывает сила тяжести, под действием которой возникает геотропизм, при чем корни обнаруживают положительный геотропизм (растут по направлению этой силы), а стебли и листья отрицательный геотропизм (растут в обратном направлении).

Несколько опытов с хемотропизмом инфузорий и бактерий изображено на рис. 22. При I мы видим пузырек воздуха, вокруг которого собрались в два круга инфузории и бактерии, при чем инфузории образуют внутренний круг, а бактерии — наружный. Точно также при II видно, как на углу покровного стекла, которым закрыта данная капля, собрались в две зоны те же самые формы, при чем здесь наружную зону образуют инфузории, а внутреннюю бактерии. Объясняется это тем, что и те и другие стремятся к кислороду, но инфузории нуждаются в большем его количестве, optimum содержания кислорода в воде для них выше, почему они и стремятся занять положение поближе к источнику кислорода, которым является или пузырек воздуха или наружный воздух.

На том же рисунке при III изображен опыт с влиянием поваренной соли на инфузорий. Мы видим здесь две капли воды, соединенные между собой водяным мостиком, при чем в верхнюю помещены инфузории и крупинки соли.

Как только последние начинают растворяться, и раствор соли влияет на инфузорий, они начинают перебираться в нижнюю каплю, обнаруживая отрицательный хемотропизм. Напомним, что подвижные клетки человеческого тела, пока раствор соли не стал бы выше 10%, вели бы себя при этом иначе и обнаруживали бы вначале положительный хемотропизм к нему.

Хемотропизмом объясняются многие важные процессы в жизни организмов, которые без этого были бы совершенно непонятны. Сюда относится, например, стремление белых кровяных телец или лейкоцитов к попавшим в организм бактериям. Мы знаем уже сущность этого явления, носящего название фагоцитоза, при котором бактерии пожираются этими лейкоцитами (см. рис. 16 на стр. 43); непонятно только, что именно привлекает последних к первым. Специально поставленные для этого опыты показали, что бактерии, а также отмирающие ткани образуют известные вещества, которые действуют на белые кровяные шарики притягивающим образом, т.-е. вызывают к себе положительный хемотропизм. Под влиянием последнего и происходит фагоцитоз, благодаря которому организм очищается от вредных для него элементов.

Специфическая энергия.

Таковы главнейшие тропизмы, наблюдающиеся у организмов, — что же дает нам их рассмотрение для выяснения общей картины раздражимости живого вещества? Прежде всего здесь бросается

в глаза несоответствие между тем часто ничтожным изменением внешних условий или раздражением, которое повлияло на организм, и полученным благодаря ему результатом: температура изменилась на один градус или даже меньше, интенсивность света совсем незначительно возросла, а это уже выражается резким изменением всего характера соответствующего тропизма. Особенно сказывается это во многих случаях хемотропизма, когда движение удавалось вызвать одной тысячной процента ($0,001\%$) и даже еще меньшими дозами раствора некоторых веществ. Объясняется это, конечно, всецело тем, что в явлениях раздражимости центр тяжести лежит именно в самом живом веществе, а отнюдь не в раздражителях: как при взрыве главное заключается в массе пороха, а не в воспламенившей его искре, так и раздражение, вызывая известное действие со стороны организма, только освобождает таившуюся в нем раньше энергию.

Вторая характерная особенность всех явлений раздражимости состоит в том, что один и тот же внешний фактор вызывает зачастую в различных клетках совершенно различные эффекты и, наоборот, на различные раздражения клетка часто отвечает одним и тем же образом. Мы видели уже, что температура в 30° вызывает в одних клетках положительный, а в других отрицательный термотропизм, одни клетки стремятся к дневному свету, другие уходят от него и т. д. Инфузория туфелька на раздражение ее температурой в 30° , раствором поваренной соли, электрическим током отвечает совершенно одинаковым образом — именно уходит от этих условий.

Это явление получило название специфической энергии чувствительного вещества. Первоначально оно было открыто лишь по отношению к органам чувств: знаменитый немецкий физиолог Иоганнес Мюллер установил, что раздражение концевой аппаратуры зрительного нерва в глазу — от чего бы оно ни происходило: от света, тепла, электрического тока — все равно, передаваясь по нерву в мозг, вызывает всегда ощущение света, точно так же, как раздражение такого же аппарата в ухе всегда вызывает тем же путем ощущение звука и т. д. Эту специфическую энергию органов чувств можно было бы сделать особенно наглядной при помощи такой операции (конечно, невозможной в действительности): перерезать у какого-нибудь человека или животного его зрительные и слуховые нервы и затем срастить их крест на крест, т. е. внутренний отрезок каждого зрительного с наружным отрезком соответствующего слухового и наоборот, и тогда такое существо (благодаря раздражению соответствующих частей мозга от иных, чем всегда, органов чувств) слышало бы не ухом, а глазом, и видело бы не глазом, а ухом, или, по картинному выражению одного физиолога, „видело бы гром и слышало бы молнию“.

Дальнейшие исследования показали, что такая же специфическая энергия присуща не только органам чувств, а вообще всему живому веществу, проявляясь наглядно во всех случаях его раздражимости. Конечно, этим только подтверждается уже сказанное выше, что раз-

дражимость зависит, главным образом, от внутренних свойств живого вещества, а отнюдь не от внешних раздражителей.

Таким образом, раздражимость является свойством, присущим каждой живой клетке, как присуща ее протоплазме и способность к движению. Однако, в животном царстве, как мы видели, сократимость кроме того специально приурочена к особым мускульным клеткам, из которых и построены органы движения — мышцы. То же самое имеет место и по отношению к раздражимости или чувствительности: в теле большинства многоклеточных животных, кроме самых низших (именно губок), появляются особые клетки и органы, служащие частью для восприятия раздражений, частью для передачи и переработки их. Такие клетки называются: одни — чувствительными, и из них построены органы чувств, другие — нервными, и они образуют нервную систему.

Рефлекторная дуга.

Самую простую форму подобного чувствительного аппарата мы находим у знакомой уже нам гидры (рис. 3), являющейся одним из самых просто устроенных многоклеточных животных. У нее нет еще ни особых органов чувств, ни отдельной нервной системы, как у высших животных, но имеются уже специальные чувствительные и нервные клетки, залегающие в наружном слое ее тела. На рис. 23 мы видим расположение клеток в этом слое гидры: кроме обыкновенных покровных или эпителиальных клеток (э.к.) там имеются особые клетки с выдающимся наружу шипиком несколько

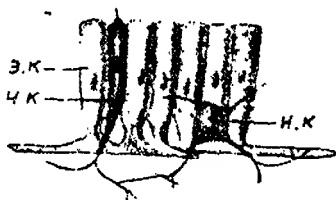


Рис. 23. Клетки наружного слоя гидры: э.к. — эпителиально-мышечная, ч.к. — чувствительная, н.к. — нервная.

нотые клетки (н.к.). Различные раздражения воспринимаются чувствительными клетками и по их отросткам передаются нервным, в которых это раздражение перерабатывается и принимает иную форму. Отростки от нервных клеток отходят не только к чувствительным, но и к другим клеткам наружного слоя (эпителиальным). Последние же, как видно на том же рисунке, снабжены на своей внутренней поверхности отростками, внутри которых находятся мышечные волокна или фибриллы. Эти волокна, как мы знаем, в высшей степени характерны для мышечных клеток, и, значит, у гидры можно наглядно видеть происхождение последних путем обособления от обыкновенных (покровных) клеток тела. Последние и называют поэтому у гидры эпителиально-мышечными, так как они соответствуют и эпителиальной и мышечной ткани других форм. Так вот переработанное

нервной клеткой раздражение, полученное ею от чувствительной, передается далее через ее отростки этим эпителиально-мышечным клеткам и вызывает сокращение их мышечных отделов, приводящее к тому или иному движению гидры.

Таким образом, и здесь раздражение вызывает то или иное движение или известный тропизм, только путь от первого до последнего гораздо сложнее, так как раздражение и сокращение не приурочены к одной и той же клетке, а распределены по разным, и сокращение является как бы отражением раздражения в другом элементе. Слово отражение будет по-латыни рефлекс, почему весь этот акт и получил у физиологов название рефлекса.

Схему рефлекса или рефлекторной дуги, как тоже иногда говорят, изображает наш рисунок 24. В более простом случае,

как у гидры, дело идет при этом всего о 3 клетках (1): чувствительной (ч), нервной или центральной (н) и мускульной (м), при чем они связаны друг с другом, как показано на рисунке, отростками, или нервными путями. В более сложных случаях центральных или нервных клеток оказывается больше, по крайней мере две, при чем одна из них тогда принимает раздражение от чувствительной клетки и передает его другой, а эта дру-

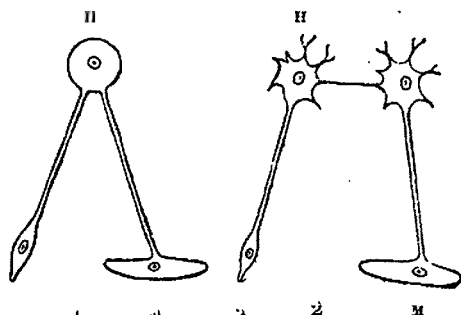


Рис. 24. Схема рефлекторных дуг: ч — чувствительная, н — нервная, м — мускульная клетки.

гая посылает от себя импульс или приказание в двигательную мышечную клетку (2). Благодаря тому, что нервные клетки должны стоять в связи и друг с другом и с мышечными клетками, они чрезвычайно богаты отростками (см. рис. 10 на стр. 26): среди них один очень длинный и почти неветвящийся (рис. 10—2) и направляется к мышцам, другие же более короткие и сильно разветвленные служат для связи нервных клеток друг с другом.

Изображенные здесь схемы рефлекторных дуг, а также отношения клеток в наружном слое тела гидры наглядно показывают нам, как возникли и обособились друг от друга так называемые органы животной жизни. Первоначально каждая клетка, как у простейших является в одно и то же время и чувствительной и двигательной. Затем обособляются, как в теле гидры, три сорта клеток — чувствительные, нервные и мускульные, и образуется типичная рефлексорная дуга (см. рис. 24). Наконец, первый ее член — чувствительные клетки, приспособляясь к восприятию только одних каких-нибудь определенных раздражений, превращаются в сложно устроенные органы чувств (зрения, слуха, вкуса и т. д.); последний член — дает сложную мускулатуру тела, а из всего остального получается

нервная система. В последней главным образом из нервных клеток образуется ее центральный отдел — мозг, а то, что выше мы называли в рефлекторной дуге нервными путями (т.-е. большие отростки нервных клеток), превращаются в нервы. Эти нервы служат только для передачи раздражений и импульсов (приказаний), идущих из мозга, который и перерабатывает раздражения в эти импульсы.

У высших представителей животного царства строение центрального органа нервной системы, ее мозга, достигает высокой степени сложности; в связи с этим и развивается их душевная или психическая жизнь, изучаемая уже особой наукой — психологией. Однако раздражимость наиболее просто устроенной клетки какого-нибудь низшего простейшего и сложнейшая душевная жизнь человека представляют собой только первые и последние члены одного и того же ряда или лишь конечные звенья одной и той же цепи явлений. Самая сущность и того и другого одинаково загадочна, и науке потребуется потратить не мало усилий, чтобы хоть отчасти приблизиться к разрешению этой загадки, что до сих пор еще совершенно не удается.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ.

Размножение живых существ.

Размножение и рост. — Размножение клетки. — Прямое деление. — Кариокинез. — Бесполое размножение простейших. — Бесполое размножение многоклеточных. — Бесполое и половое размножение. — Половое размножение животных. — Половое размножение растений. — Партеногенез. — Чередование поколений.

Размножение и рост.

Из тех главных отправлений живых существ, на которые сводится вся их жизнедеятельность, мы не рассмотрели еще одного, именно их размножения. Последнее настолько интересно, что ему приходится посвятить особую главу.

Размножение относится к числу настолько общеизвестных понятий, что не требуется особенно длинного определения для выяснения его сущности: это явление, при котором из одной особи получается две или несколько, вообще много, особей. Гораздо интереснее, однако, отметить ту связь, которая существует между размножением и обменом веществ, так как первое есть непосредственное следствие второго.

Дело в том, что у многих организмов, особенно молодых, процессы созидания живого вещества идут скорее процессов его разрушения: ассимиляция превосходит диссимиляцию. Конечно, результатом этого должно явиться увеличение объема живого вещества и тем самым всего организма, при чем последний в силу этого растет. Однако ни у одного живого существа рост не может продолжаться бесконечно, и всегда для него имеется известный предел, который зависит от множества причин. Возьмем самый простой случай: клетку, имеющую форму шара, питание которой происходит через всю ее поверхность. По мере роста такой клетки в ней увеличивается не только общее количество ее живого вещества, т.-е. объем, но и поверхность, однако увеличение последней не поспевает за увеличением объема и отстает от него: если, скажем, объем увеличился в 8 раз, то поверхность успевает за то же время увеличиться только в 4 раза и т. д. *). Очевидно, скоро должен наступить момент, когда данная поверхность, с точки зрения обмена

*) Это вытекает из положения геометрии, что поверхности шаров относятся друг к другу, как квадраты радиусов, а объемы — как кубы радиусов. Значит, если радиус раньше был равен 1 и стал равным 2, то новая поверхность относится к старой, как 4:1, а новый объем к старому, как 8:1, и т. д.

веществ, окажется уже недостаточной для соответствующего объема, и чтобы увеличить ее, т.-е. привести в надлежащее отношение свои объем и поверхность, у клетки нет другого выхода, как разделиться на две или несколько частей, т.-е. размножиться. Словом, обмен веществ и размножение самым тесным образом связаны друг с другом через посредство роста. Можно даже сказать, что размножение есть рост за пределы особи.

Размножение клетки.

У различных представителей животного и растительного царства размножение происходит разными путями, о чем мы еще будем говорить дальше. Прежде же всего нас здесь, как и по отношению к другим отправлениям организмов, должна интересовать самая общая сторона процесса размножения, т.-е. размножение клетки, так как к этому в конечном итоге сводятся все процессы воспроизведения себе подобных у всех решительно живых существ.

Правильные представления о размножении клеток возникли не сразу. Создатели клеточной теории — Шлейден и Шванн — предполагали, что новые клетки, подобно кристаллам, возникают из особого раствора живого вещества, которое содержится в таком виде во многих частях тела животных и растений. Однако, этот взгляд оказался неправильным, и уже через 20 лет Вирхов установил положение: „каждая клетка из клетки“, т.-е. что клетки могут возникать не иначе, как из себе подобных путем размножения. Еще лет 20 спустя к этому положению было прибавлено и другое: „каждое ядро из ядра“, т.-е. что и новые ядра в клетках возникают путем деления из старых, а никогда не образуются заново в протоплазме. Этим, между прочим, вполне доказывается, что ядро есть такая же главная часть клетки, как и протоплазма, и независима от последней, чего отнюдь нельзя сказать про другие органы клетки.

Итак, клетки размножаются делением, во время которого разделяется не только их тело (протоплазма), но и ядро. Однако, самый процесс этого деления происходит двумя способами, один из которых является более простым и носит название прямого, другой значительно сложнее и называется косвенным. Мы рассмотрим каждый из этих способов отдельно.

Прямое деление.

Прямое деление называется также амитозом и встречается сравнительно редко — только у некоторых клеток. Так делятся, например, белые кровяные шарики или лейкоциты, а из свободно-живущих клеток — амёбы, размножение одной из которых и изображено на рис. 25.

Как видно на этом рисунке, процесс прямого деления начинается с того, что ядро немного вытягивается в длину, в нем появляется перетяжка, придающая всему ядру вид цифры 8 или, как обыкновенно выражаются, бисквитообразную форму, а затем получаю-

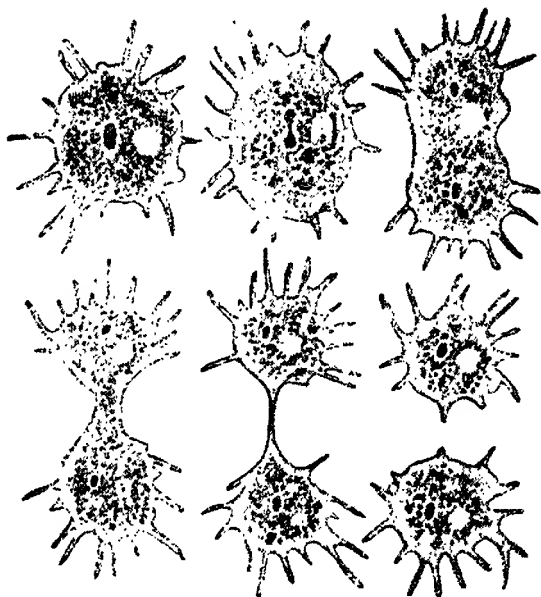


Рис. 25. Прямое деление амебы.

щиеся при этом половинки ядра отделяются одна от другой, расходясь к разным концам клетки. Вслед за ядром совершенно также с образованием перетяжки делится и все тело клетки, ее протоплазма, которая в конце концов принимает вид двух самостоятельных клеток, каждая со своим ядром.

Кариокинез

Таким образом, этот способ деления очень прост, чего отнюдь нельзя сказать про другой способ — не прямое деление, называемое также митозом или кариокинезом. Оно было открыто значительно позже прямого деления, когда научились окрашивать клетки и разбираться во всех деталях их строения и, в частности, когда было выработано правильное представление о главных веществах клеточного ядра — хроматине и ахроматине, о которых мы уже говорили выше (см. стр. 29 и рис. 13). Для удобства описания этого вида деления его ход разбивают обыкновенно на 4 стадии или фазы, которые и изображены последовательно друг за другом на нашем рисунке 26.

На последнем цифра 1 обозначает покоящуюся клетку до начала деления. В ядре ее заметен более темный хроматин в виде

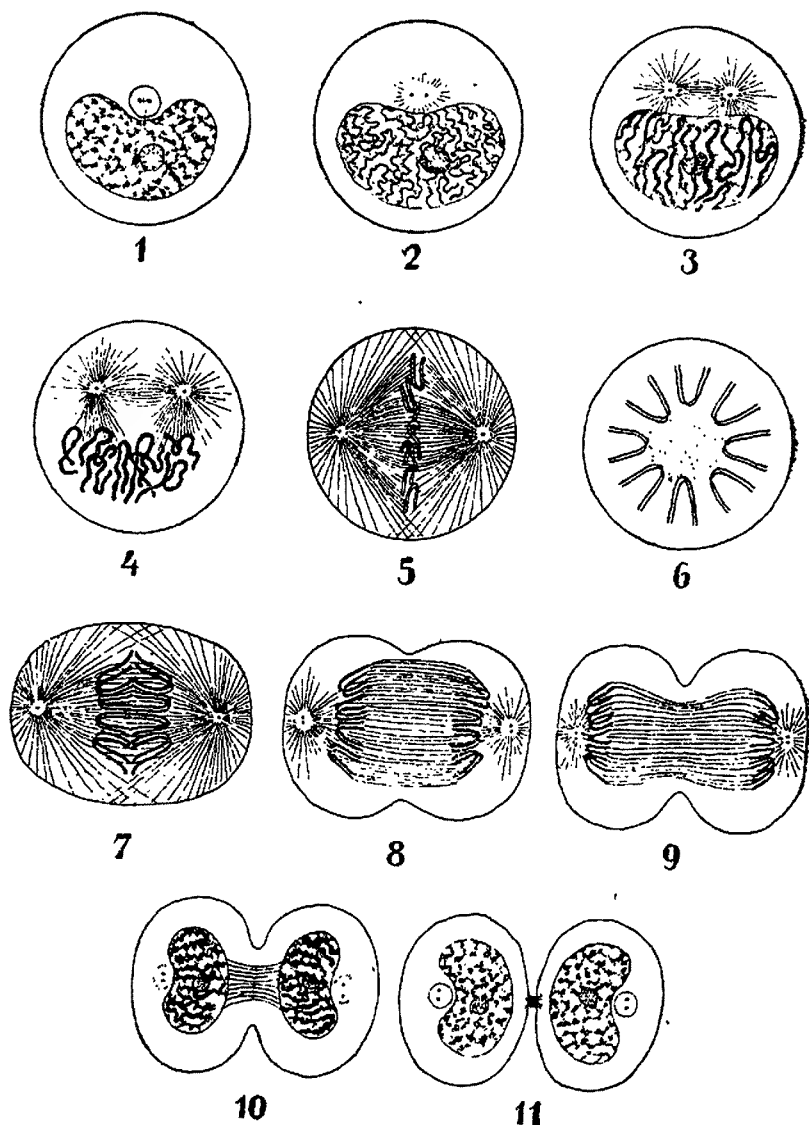


Рис. 26. Кариокинез.

зерен, разбросанных на сеточке из ахроматина; рядом с ядром лежит клеточный центр или центрозома, состоящая из двух телец — центриолей, окруженных сферой притяжения. С началом процесса

деления частицы хроматина соединяются друг с другом, образуя ряд хроматиновых нитей, которые сплетаются и перепутываются друг с другом, образуя клубок, почему и стадия эта носит название стадии клубка (2 и 3). В это же время оба тельца центрозоны, или центриоли, расходятся друг от друга, и между ними появляется пучок нитей, принимающий вид веретена, а вокруг каждой центриоли имеется своя сфера или лучистость (3).

За стадией клубка следует вторая стадия — стадия звезды (4, 5, 6). Оболочка ядра при этом исчезает и хроматиновый клубок оказывается лежащим прямо в протоплазме (4). Впрочем, в это время нельзя уже говорить о клубке, так как он разделяется на известное число отдельных отрезков или хроматиновых отделностей, которые получили название хромозом. Число последних, как мы дальше увидим, не случайно, а постоянно у каждого вида животных и растений. Центриоли с окружающими их лучистостями удаляются в это время к противоположным концам клетки, и пучек нитей между ними, или веретено, получает очень сильное развитие, заполняя собой значительную часть клетки (5). Каждая из хромозом получает в это время вид подковы или шпильки, при чем все они ложатся по середине или, как говорят, по экватору веретена таким образом, что перегиб или угол каждой такой хроматиновой подковки направлен к центральной оси веретена, а свободные концы к наружной поверхности клетки. На рис. 26 — 5 это изображено сбоку, если же посмотреть на такую делящуюся клетку сверху, с одного из полюсов веретена, то получится картина, изображенная на рис. 26 — 6, на которой хромозомы имеют вид как бы лучей, расходящихся из центра, откуда и название для этой стадии — звезда.

Уже в конце стадии звезды каждая хромозома расщепляется вдоль на две половины, между которыми появляется щель (6). На следующей стадии эти половинки начинают расходиться друг от друга, направляясь к полюсам веретена и лежащим на них центриолям (7), при чем к тому и другому полюсу отходит по половине каждой хромозомы и в конце концов, когда связь между этими половинками исчезает, вместо одного ряда хромозом получается два, или вместо одной звезды две, почему и стадия эта называется стадией двойной звезды (8, 9). На этой же стадии начинается разделение клеточного тела или протоплазмы путем образования перетяжки — всегда в той плоскости, где приходился экватор веретена и где располагались хромозомы на стадии звезды.

Во время самой последней стадии непрямого деления происходит прежде всего превращение обеих (как говорится, дочерних) хроматиновых звезд в обыкновенные покоящиеся ядра новых клеток и полное отделение последних друг от друга (10). При этом отдельные хромозомы (т.-е. половинки первоначальных — материнских — хромозом) сливаются на время друг с другом в общий клубок, откуда и название для этой фазы деления — стадия двойного клубка. Кругом них появляется новая ядерная

оболочка, и постепенно все части клетки принимают тот вид, который характерен для ее покоящегося состояния (11).

В отличие от прямого деления, амитоза, кариокинез относится к числу чрезвычайно распространенных явлений, встречаясь при размножении самых различных клеток, как свободно-живущих, так и входящих в состав тела многоклеточных организмов. Спрашивается, какой же смысл имеют происходящие во время него сложные процессы, которые мы только что описали под именем стадий клубка, звезды — простой и двойной — и, наконец, двойного клубка? Это всего лучше может быть выяснено путем сравнения непрямого деления с прямым.

В самом деле, разделение на две части протоплазмы происходит в обоих случаях одинаково и лишь с очень приблизительной точностью. Центрозома разделяется на свои две центриоли еще до начала кариокинеза: значит, и не в этом заключается его главный смысл. Из основных органов клетки остается только ядро, и, действительно, в разделении последнего при амитозе и при кариокинезе наблюдается различие (термин „кариокинез“ и обозначает „движение — или деление — ядра“). В первом случае, т.-е. при амитозе, ядро делится на такие же лишь приблизительно равные части, как и протоплазма, во втором же, благодаря сложному механизму кариокинеза, наиболее важная составная часть ядра, его хроматин, распределяется между новыми клетками чрезвычайно точно: вся его масса сперва разбивается на определенное число хромозом, а затем одна половина каждой из них попадает в одну из новых клеток, а другая — в другую. Очевидно, главный смысл непрямого деления или кариокинеза и заключается в равномерном распределении между получающимися при этом клетками ядерных веществ старой материнской клетки, главным образом, ее хроматина.

Мы уже упоминали выше, что хроматину принадлежит особенно важная роль в жизни клетки, и широкое распространение кариокинеза, имеющего своей целью распределить возможно равномернее и точнее это вещество между новыми клетками, служит наглядным подтверждением этого. В пользу того же самого говорит и другой факт — именно, что число тех отдельностей, на которые разбивается при делении клетки хроматиновый клубок, или число хромозом, отнюдь не случайно, а строго постоянно для каждого вида животных и растений. Многие даже называют это явление законом постоянства числа хромозом. Действительно, например, при делении различных клеток в теле человека насчитывают 48 хромозом, в клетках саламандры или лилии их бывает постоянно 24, у морских ежей — 36 или 18 (конечно, у различных форм), у паразитического червя аскариды — 4 и т. д. Все это с несомненностью свидетельствует о том важном значении, которое имеет для жизни клетки не только вся масса ее хроматина, но и отдельные хромозомы, иначе число их не отличалось бы таким постоянством.

Каково вообще значение хроматина — это уже другой и при том чрезвычайно важный вопрос. Разрешить его нам поможет

рассмотрение тех данных о развитии и наследственности организмов, о которых будет идти речь дальше, пока же мы должны ограничиться сказанным. Во всяком случае, раз хроматину принадлежит какое-то важное значение в жизни клеток и всего организма, то понятно, почему более сложный способ — не прямое деление — встречается у громадного большинства их, а более простой — прямое — только у немногих. При первом обеспечивается равномерное распределение этого вещества между клетками, при втором этого нет, благодаря чему оно свойственно лишь немногим клеткам, а большинство их делится более сложным кариокинетическим путем.

Познакомившись с размножением клетки, мы должны перейти теперь к рассмотрению явлений размножения у различных организмов и отметить здесь их главнейшие особенности, при чем начнем со случаев так называемого бесполого размножения, как более простого.

Бесполое размножение простейших.

Что касается до одноклеточных живых существ или простейших, то они размножаются, как и все вообще клетки, делением — или прямым, как амебы, или непрямым, о котором мы только что говорили. В обоих случаях за делением ядра (или ядер, если их было несколько) следует деление плазмы, при чем если в теле простейшего имелись особые органы, вроде сократительных вакуолей, клеточного рта и т. д., и они попали в одну из

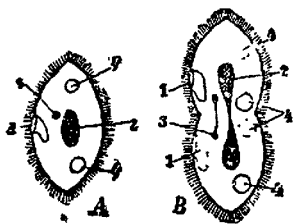


Рис. 27. Деление ресничной инфузории: 1 — околоротовое углубление, 2 — большое ядро, 3 — малое ядро, 4 — сократительные вакуоли.

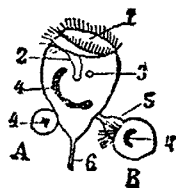


Рис. 28. Почкование плоской черви: 1 — околоротовой венчик ресничек, 2 — рот, 3 — сократительная вакуоль, 4 — ядро, 5 — возникающий на почке вырост ресничек, 6 — стебелек.

получившихся при этом половин, то и другая половина очень скоро образует заново или восстанавливает их. На рис. 27 мы видим как раз последнее у одной из инфузорий, где образующиеся заново части — околоротовое углубление (1), сократительные вакуоли (4) — обозначены пунктиром (B). Этот процесс восстановления утраченной или недостающей части, очень распространенный у многих животных, носит название регенерации, при чем иногда он имеет место и независимо от размножения: например, ящерицы восстанавливают или регенерируют оторванный хвост, у многих раков и пауков происходит регенерация ножек и т. д.

Однако у простейших отнюдь не всегда тело делится при размножении на равные половины, как это мы видели у амебы

(рис. 25) или у инфузории, изображенной на рис. 27. Иногда, напротив, при этом получаются неравные части, т.-е. от более крупной, старой или материнской особи отделяется более мелкая, новая или дочерняя особь, которую в этих случаях называют почкой, а такой способ размножения — почкованием. Подобного рода почкование изображено на рис. 28 тоже у одной из инфузорий — сувойки, которая, как мы уже знаем, сидит на стебельке, ведя неподвижный образ жизни: при *A* такая почка у нее только что отделилась, при *B* в ней происходит восстановление недостающих частей: венчика ресничек и стебелька. Когда тело молодой сувойки вполне сформируется, она отрывается от матери и уплывает, а затем прикрепляется где-нибудь своим стебельком и начинает тоже вести сидячий образ жизни.

Третьим видоизменением деления клетки при размножении простейших является особый способ, который называют образованием спор или споруляцией. При этом первоначально делится только ядро, распадающееся на довольно большое число ядер, каждое из которых окружается своим участком протоплазмы, а затем появляются границы и между ними, так что все тело простейшего оказывается сразу разделенным на целый ряд мелких отдельных

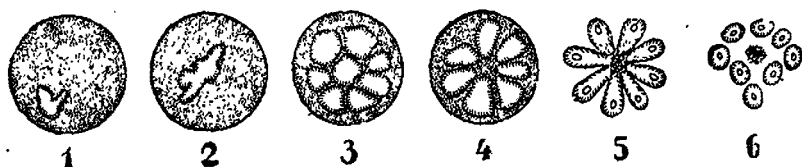


Рис. 29. Споруляция малярийного паразита.

ностей или спор, которые, выходя из общей оболочки, превращаются в новых простейших. На рис. 29 этот процесс изображен у того простейшего, которое живет иногда в красных кровяных шариках человека, вызывая своим присутствием известную болезнь — перемежающуюся лихорадку или малярию. Попад в кровяное тельце (во время укуса комара, который переносит эту болезнь), такой одноклеточный паразит сперва растет (сравнить 1 и 2), а по достижении пределов своего роста приступает к размножению путем распада всего его тела на споры (3—5). Последние выходят затем из кровяного шарика, совершенно разрушая его (6), и заражают новые, а во время разрушения кровяных клеток и наступает приступ малярии.

Бесполое размножение многоклеточных.

Несмотря однако на свои различия, и простое деление, и почкование, и споруляция у простейших являются лишь особыми видоизменениями обыкновенного деления клетки. Те же три способа встречаются, кроме того, и при размножении многоклеточных

организмов, хотя в этих случаях дело идет уже, конечно, не об одной единственной клетке, как у амебы, инфузории или возбудителя малярии, а о собрании очень большого числа клеток. При этом деление на равные половины и почкование свойственно преимущественно низшим животным, а размножение при помощи спор встречается у низших или так называемых споровых растений, о которых мы уже упоминали в конце первой главы.

Деление всего тела, состоящего из большого числа клеток, на две равные половины встречается, например, у многих червей. На рис. 30 этот процесс изображен у двух представителей мелких ресничных червей, которые часто попадают в лужах, прудах и других водоемах. Мы видим здесь, что червь *A* первоначально разделился поперечной перетяжкой (I) на две половины, при чем в задней, благодаря регенерации, образовался новый рот (P), однако половины эти не разошлись, а остались в связи друг с другом и поделились каждая в свою очередь на две части перетяжками, обозначенными на рисунке цифрой II. Иногда после этого эти четыре новых особи и расходятся друг от друга, но бывает и так, что каждая из них делится еще на две и затем на четыре части (смотри перетяжки внутри них у червя *B*), и получается цепочка из 16 особей, которые только после своего окончательного сформирования начинают вести самостоятельный образ жизни. — В том же роде происходят процессы деления у многих других червей, при чем они всегда сопровождаются восстановлением недостающих частей или регенерацией. Последняя у одних форм происходит еще до отделения новых особей друг от друга, у других заканчивается, лишь когда они уже разошлись, что, впрочем, не имеет особого значения.

Почкование особенно распространено в типе кишечнорастных вроде хорошо знакомой нам гидры. На рис. 4 (см. стр. 19) видно, как такие маленькие почки отделяются от ее тела первоначально в виде маленького бугорка, состоящего, как и гидра-мать, из двух слоев (пч), затем они растут, в них происходит тоже восстановление недостающих частей — рта и щупалец и, наконец, такие почки, принявшие вполне вид взрослой формы (рис. 3), отделяются от тела матери, хотя иногда могут оставаться в связи с ней некоторое время.

Делению и почкованию у многоклеточных животных отвечает в растительном царстве особый способ размножения при помощи

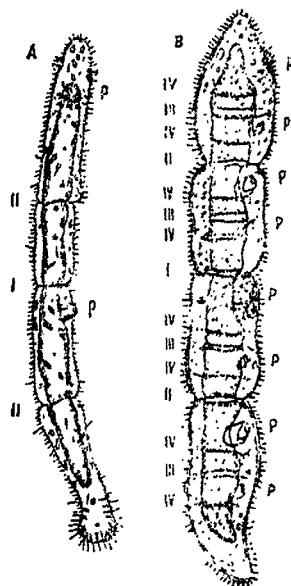


Рис. 30. Последовательное деление с образованием цепочки особей у двух ресничных червей.

отдельных частей или органов их тела, получивший название вегетативного, т.-е. растительного, размножения. Нередко даже и деление, а также почкование у животных называют также вегетативным размножением их.

Примеров этого явления у растений можно привести сколько угодно, так как оно принадлежит к числу самых распространенных и общеизвестных. Отрежем, например, у тополя или ивы любую ветку, воткнем в землю: очень скоро она разовьвет на нижнем конце корни и превратится в новую растительную особь — вот и пример вегетативного размножения.

Для вегетативного размножения служат чаще всего, как и в

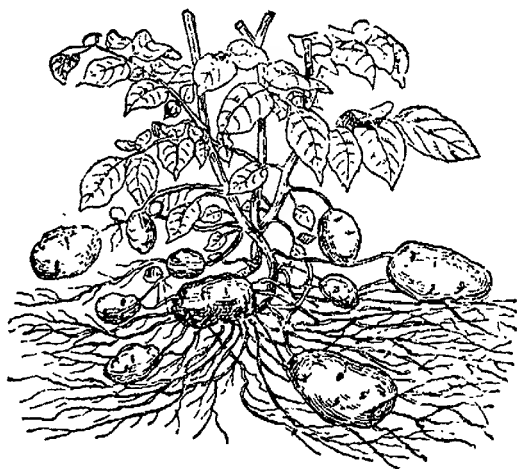


Рис. 31. Клубни у картофеля.

данном примере, отдельные участки стебля, надземного или подземного. Укажем на известное всем размножение земляники при помощи ее стелющихся стеблей или «усов», на размножение картофеля при помощи клубней (рис. 31), или целого ряда растений при помощи луковиц (и клубни и луковицы являются подземными стеблями) и т. п. Возможно, однако, такое же вегетативное размножение при помощи корней (у того же тополя или осины) и

даже при помощи листьев: способностью листьев давать новые растения садоводы пользуются, например, при разведении бегоний.

Во всех этих случаях, конечно, как и при делении и почковании в животном царстве, происходит прежде всего восстановление утраченных частей: кусок стебля развивает корни, корень — стебель и листья и т. д., так что в результате и получается скоро целое растение. В общем, вегетативное размножение чрезвычайно сильно распространено в растительном царстве, особенно у высших его представителей — семенных растений. Для некоторых из них этот способ является даже самым главным, и при помощи семян их никто и не разводит.

У споровых растений наиболее распространенным способом размножения является образование спор. При этом от материнского растения отделяются уже не целые участки, состоящие из многих клеток, как при вегетативном размножении, а отдельные клетки, носящие название спор, которые затем, как говорится, прорастают, т.-е. превращаются в многоклеточное тело и дают

начало новому растению. Споры эти развиваются в особых органах, носящих название спорангиев.

Подобные спорангии можно наблюдать, например, на нижней стороне листьев у папоротника, где они собраны кучками, имеющими вид округлых пятен темного цвета. Каждый спорангий содержит массу мелких спор, которые высыпаются, когда он лопнет, и рассеиваются ветром. Такие же спорангии со спорами содержатся в большом количестве в плодовых телах различных грибов (эти плодовые тела и называют в просторечии просто „грибом“, хотя каждый гриб состоит не только из него, но и из густого сплетения нитей или грибницы). Наш рис. 32 изображает такое плодовое тело и спорангии со спорами у всем известного сморчка.

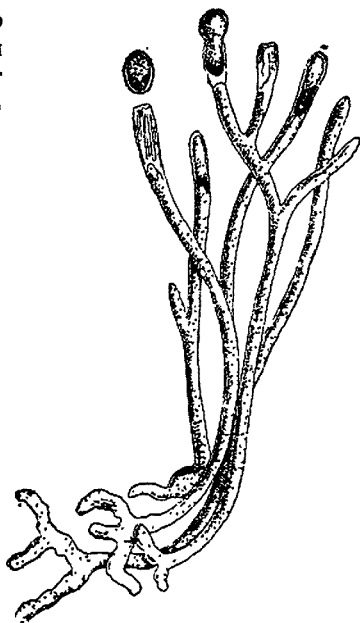
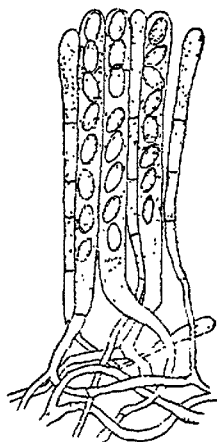


Рис. 32. Смorchek: налево гриб, направо сумки со спорами.

Рис. 33. у вошерии. Образование зооспор.

Наконец, у многих водорослей споры представляют из себя подвижные клетки, очень напоминающие собой инфузорий или жгутиконосцев, так как и двигаются они при помощи ресничек или жгутиков. На рис. 33 изображен процесс образования таких спор у зеленой водоросли вошерии, похожей на известную уже нам водоросль каулерпу (рис. 8) и представляющей из себя также одну гигантскую клетку со множеством мелких ядер. Подобные подвижные споры за их способность к движению называют обычно зооспорами, т.-е. животными спорами. Таким образом, спорообразование у водорослей уже очень напоминает то размножение у простейших, которое выше было названо споруляцией.

Бесполое и половое размножение.

Все описанные до сих пор случаи размножения имеют между собой чрезвычайно много общего, и наиболее характерно при этом то, что здесь новые формы всегда возникают от одной единственной особи, отделяющей для этого части своего тела. Никакого различия полов у подобных особей в таких случаях не наблюдается, почему и размножение это называют бесполом.

Противоположностью бесполого размножения является половое, при котором для возникновения потомства обычно происходит соединение двух особей, при том различного пола, т.-е. самца с самкой, и в результате этого соединения или полового акта и рождаются новые существа. Половое размножение хорошо знакомо всем из повседневной жизни, так как именно этим путем размножаются высшие представители животного царства — позвоночные, членистоногие, моллюски, у которых совсем и не наблюдается бесполого размножения. Однако половое размножение свойственно и всем без исключения низшим представителям животного царства, а также и всем растениям — как споровым, так и семенным, так что способ этот отличается гораздо большей всеобщностью, чем бесполое размножение, и его необходимо рассмотреть не менее обстоятельно.

Всем известно, конечно, что у животных представители различных полов, т.-е. самцы и самки, отличаются друг от друга, кроме чисто внешних и менее важных особенностей, главным образом, своими специальными органами для целей размножения или половыми органами. В последних развиваются особые элементы — половые продукты или половые клетки: у самок это яйца, у самцов же более мелкие клетки, получившие название сперматозоидов или за их способность к быстрому движению — живчиков. Ни один из этих половых продуктов в большинстве случаев не может дать начало новому существу, но это достигается путем их соединения друг с другом. Половой акт и вызывает последнее или, как говорят, оплодотворение яйца живчиком, а из оплодотворенного яйца и развивается новое существо. В соединении яйца со сперматозоидом и состоит главная сущность полового размножения и его отличие от бесполого *).

Половое размножение животных.

Начнем с разбора всех этих отношений у животных. Что касается до их половых продуктов, то яйца представляют из себя типичные клетки обыкновенно шаровидной формы, состоящие из

*) Далее, однако, мы познакомимся с особым видом полового размножения — девственным размножением, которое заставит нас несколько изменить это положение.

протоплазмы и ядра, в котором часто бросается в глаза довольно крупное ядрышко (см. рис. 11 на стр. 27 и рис. 34—1). Кроме того большинство яиц заключает в своей плазме еще известное количество особых включений белкового характера, которые представляют из себя питательный материал для развития будущего зародыша. Этот питательный материал имеет обыкновенно вид зерен и его называют желтком (см. рис. 34—2). Последнего в яйцах бывает различное количество, и на рис. 34—2 изображен средний случай, когда желток имеется, но его не так уже много. Крайними случаями здесь будут или когда желтка в яйцах совсем нет, или когда его чрезвычайно много и к нему присоединяются другие дополнительные части.

Обе эти крайности изображены на рис. 35 и 36. Первый из них изображает яйцо кролика, который, как и все млекопитающие, является живородящим животным, т.-е. развитие зародыша протекает у него в теле матери,



Рис. 35. Яйцо кролика.

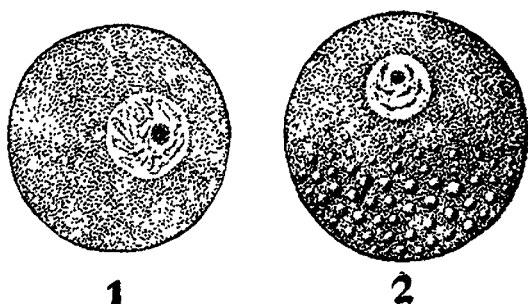


Рис. 34. Яйца: 1 — бедное, 2 — богатое желтком.

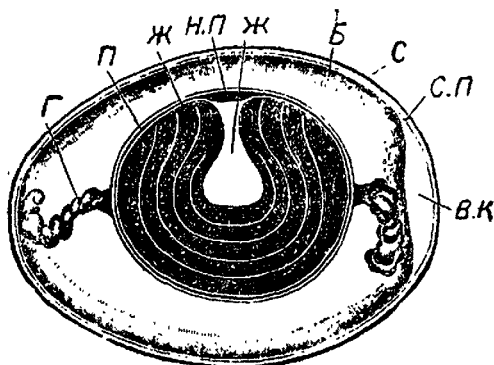


Рис. 36. Яйцо курицы в разрезе: Н.П.—наседное пятно, Ж — желток, покрытый желточной перепонкой П, Б—белок, Г—градинки, С.П.—скорлуповая перепонка, С — скорлупа, В.К. — воздушная камера.

откуда с током крови поступает питательный материал, почему и отложения желтка в яйцах совсем не происходит.

Благодаря этому яйца млекопитающих очень мелкие, так что их можно отыскать только с помощью микроскопа, да и открыты были они в силу этого только лет 100 тому назад. Совершенно иначе устроены яйца птиц, например, курицы, развитие которых происходит вне тела матери и тянется

при этом довольно долго. На разрезе через куриное яйцо, изображенном на рис. 36, при чем этот разрез очень легко изготовить и самому через сваренное вкрутую яйцо, мы видим его главные части: так называемый желток, белок и скорлупу. Яйцам других форм в курином яйце отвечает только „желток“, который представляет из себя сплошное скопление таких же желточных шариков, какие мы видели на рис. 34 — 2, а протоплазма с ядром оттеснены здесь кверху и образуют так называемое „наседное пятно“, из которого и развивается зародыш. Белок, служащий подобно желтку для питания этого зародыша, а также скорлупа являются дополнительными частями, которых у других форм по большей части не бывает. Благодаря обилию питательного матерьяла, яйца птиц и отличаются своей большой величиной, а чем меньше этого матерьяла, тем меньше бывают и яйца, хотя все же они принадлежат к числу довольно крупных клеток и у большинства животных хорошо различимы простым глазом.

Напротив, мужские половые продукты — сперматозоиды или живчики — принадлежат к числу самых мелких клеток в теле многоклеточных животных. На рис. 37 изображен сперматозоид человека при увеличении в 1600 раз, между тем длина его составляет на этом рисунке только 8 сантиметров — значит, его истинная длина составляет $\frac{1}{200}$ сантиметра, между тем человеческое яйцо (одно из самых мелких яиц у позвоночных) имеет в диаметре около $\frac{1}{50}$ сантиметра, т.-е. раза в четыре больше живчика, яйца же многих животных превышают размеры соответствующих сперматозоидов в десятки и даже в сотни раз.

Как видно на том же рисунке 37, живчик человека имеет вид нити (откуда и другое название сперматозоидов — семенные нити) и устроен по типу жгутиковой клетки в роде знакомых уже нам жгутиконосцев (см. рис. 19 на стр. 52).

Рис. 37.
Сперматозоид человека.

Наиболее характерной особенностью последних является присутствие одного или нескольких жгутиков, и человеческий сперматозоид состоит, как видно на рис. 37, из передней расширенной части, которую можно сравнить с телом жгутиконосца — ее называют головкой, — и примыкающего к ней длинного жгутика или хвостика. Большую часть головки заполняет ядро плотного строения и богатое хроматизмом, протоплазма же окружает его самым тонким слоем. За головкой следует небольшой отдел, называемый шейкой, в котором помещается центриома, а дальше идет нитевидный хвостик, находящийся в постоянном движении и вызывающий быстрой поступательное движение всего сперматозоида головкой вперед.

По тому же типу устроены сперматозоиды большинства животных из самых различных систематических групп (см. рис. 38, на котором

рядом со сперматозоидом человека—*a*—изображены сперматозоиды губки—*b*—и ската—*c*). Однако, иногда бывают живчики и совсем иного строения, как те два (глиста аскариды—*d*—и краба—*e*), которые тоже изображены на рис. 38, при чем иногда они в этих случаях и весьма мало подвижны. Тем не менее это уже скорее исключение, а общим правилом является крайняя подвижность живчика и его строение в виде жгутиковой клетки, состоящей из головки и хвостика.

То и другое находится друг с другом в несомненной связи, так как форма удлинненного и тонкого тела как раз наиболее приспособлена к движению, последнее же является насущной необходимостью для живчиков потому, что яйца у громадного большинства животных совершенно неподвижны, что и понятно, раз они сравнительно велики и служат местом отложения питательного материала для будущего зародыша. Следовательно, на долю живчика выпадает задача найти яйцо и соединиться с ним, для чего он, конечно, должен обладать подвижностью.

По той же причине сперматозоидов у самца всегда образуется в неизмеримое число раз больше, чем яиц у самки. У женщины, например, в течение всей ее жизни образуется только около 200 яиц (из которых может быть оплодотворена, конечно, самое большее десятая часть), между тем у мужчины при каждом половом акте отделяется около 200 миллионов живчиков и каждая капля семенной жидкости буквально кишит ими. У других форм число образуемых самкой яиц значительно больше, но все же это число никогда даже приблизительно не достигает числа сперматозоидов, производимых самцом.

Это несоответствие в количестве образующихся у представителей различных полов половых продуктов объясняется всецело тем, что природа стремится обеспечить оплодотворение большинства яиц соответствующими сперматозоидами. Самое оплодотворение яйца происходит во время полового акта; половые продукты при этом или изливаются самцами и самками в воду (например, у рыб и очень многих беспозвоночных животных), или же самец при помощи особых совокупительных органов вводит свою семенную жидкость в половые протоки самки. И в том и в другом случае сперматозоидам приходится отыскивать яйца, проходя при этом довольно значительные для них расстояния, и во время этих поисков громадное большинство их погибает.

Но вот некоторым сперматозоидам удалось приблизиться к яйцу. Они окружают его со всех сторон и быстро двигаются кругом яйца, стремясь проникнуть внутрь него (см. рис. 39—1). Последнее и удается, наконец, какому-нибудь одному сперматозоиду

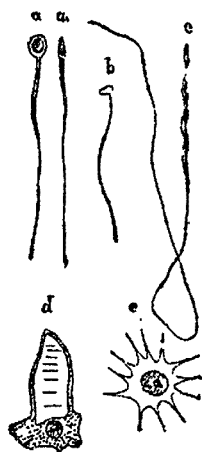


Рис. 38. Живчики. *a*, *a*—человека, *b*—губки, *c*—ската, *d*—аскариды, *e*—краба.

(тот же рис. — 2 и следующие), после чего нередко яйцо выделяет на своей поверхности особую оболочку (ж. о.), имеющую назначением помешать вхождению в яйцо других сперматозоидов, так как последнее не только не нужно, но и помешало бы нормальному ходу развития яйца.

Вслед за вхождением сперматозоида в яйцо его хвостик исчезает, как бы растворяясь в протоплазме яйца, из головки освобождается ядро, а из шейки центрозома, при чем теперь ядро живчика заметно увеличивается в размерах, приближаясь по величине к ядру яйца, оба эти ядра направляются друг к другу и, наконец, сливаются

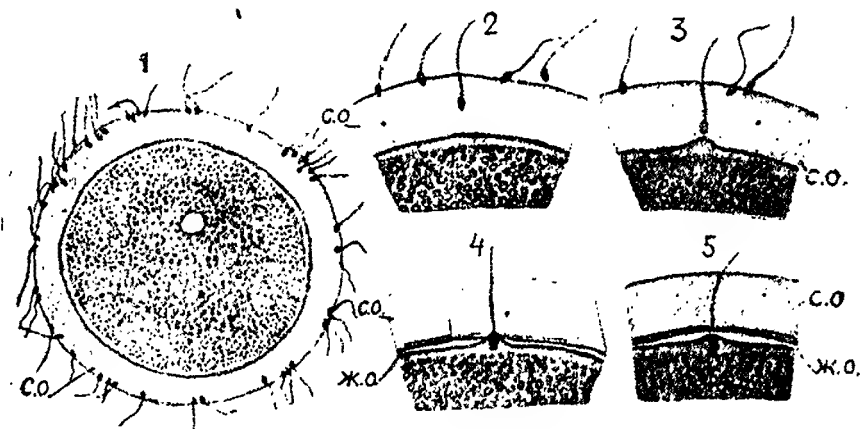


Рис. 39. Оплодотворение яйца морской звезды: 1—яйцо, окруженное живчиками, 2—5 постепенное пропихивание живчика через студенистую оболочку яйца (C.O.); Ж.О. — желточная оболочка.

водно. В этом слиянии ядер сперматозоида и яйца и состоит главная сущность акта оплодотворения, и, как мы скоро увидим, главную роль при этом играет тот же хроматин, с которым мы уже познакомились при рассмотрении непрямого деления клетки (кариокинеза).

Чем же, однако, объясняется описанное выше стремление живчиков к яйцу? В этом, конечно, нет ничего загадочного, и мы имеем перед собой только один из случаев знакомого уже нам хемотропизма. Яйца каждого вида выделяют свойственные только им вещества, и только к ним, а не к каким-либо другим веществам сперматозоиды того же вида обнаруживают положительный хемотропизм. Этим вполне объясняется и тот иначе не совсем понятный факт, что, несмотря на большое сходство живчиков и яиц у многих форм, каждый сперматозоид стремится соединиться именно с яйцом своего вида, а не с каким-нибудь другим, чем и обеспечивается правильный ход всего процесса оплодотворения.

Половые продукты вырабатываются в особых органах, называемых половыми органами. Последние, если отвлечься от специальных особенностей, присущих отдельным формам, устроены довольно просто и состоят как у самцов, так и у самок из двух главных отделов: железы, где образуются яйца или живчики, и протока, по которому они выводятся наружу. Схема строения женских половых органов изображена на нашем рис. 40. Женская половая железа иосит название яичника, а ее проток — яйцевод; мужская половая железа называется семенником и ее проток — семяпроводом. К этим внутренним половым органам присоединяются иногда и наружные совокупительные органы для введения семенной жидкости в половые протоки самки; они устроены довольно разнообразно у различных форм.

Мы говорили уже, что у одних форм яйца выводятся из яйцеводов наружу еще до оплодотворения, которое совершается вне материнского организма, у других же оно происходит внутри последнего, и яйца покидают его, уже будучи оплодотворенными. Наконец, возможен и третий случай, именно что оплодотворенное яйцо остается вообще в теле матери, где и протекает в дальнейшем его развитие. В этих случаях для развития яиц служит особый отдел половых протоков самки, называемый маткой и представляющий из себя расширение яйцевода (см. рис. 40 — м). В результате подобные формы уже не откладывают яиц, а рожают живых вполне сформированных детенышей, почему в отличие от обыкновенных яйцекладущих форм их называют живородящими. К последним принадлежат почти все млекопитающие, но помимо их живорождение известно и у некоторых других форм; встречаются живородящие ящерицы, рыбы, насекомые и другие членистоногие и т. д.

У высших животных, как правило, мужские и женские половые органы распределены по разным особям и мы встречаем сообразно с этим два пола — самцов и самок, при чем этот случай называется раздельнополым состоянием или просто раздельнополостью. Однако, возможен и другой случай, именно когда и яйца и живчики производятся одной и той же особью, называемой тогда обоеполой или гермафродитом, самое же явление это носит название гермафродитизма.

Среди высших представителей животного царства гермафродитизм тоже встречается (иногда даже у человека), но, большею частью, как очень редкое уродство. Среди низших же типов гермафродитизм составляет нередко вполне нормальное явление, которое встречается столь же часто, как и раздельнополое состояние: так,

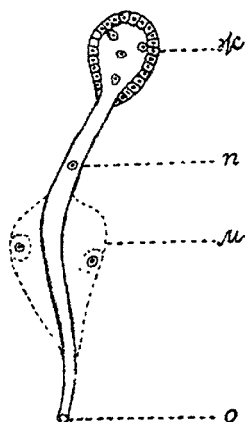


Рис. 40. Схема строения женских половых органов: ж — железа (яичник), п — проток (яйцевод), м — матка, о — наружн. отверстие.

к числу гермафродитов относится большинство губок, очень многие черви, целый ряд моллюсков и еще некоторые формы.

Что касается до половых органов у таких гермафродитов, то одни из них имеют в своем теле независимые друг от друга и женские и мужские половые органы. Случай этого рода изображен на рис. 41, представляющем расположение половых органов у одного из ресничных червей (в роде того, бесполое размножение которого было изображено выше на рис. 30). Мы видим здесь пару семенников (с) и семепроводов (сп), заканчивающихся особым совокупительным органом (со), а рядом с этими частями мужского полового аппарата и женские половые органы — яичники (я), желточники (ж), т.е. особые железы, вырабатывающие желток, яйцеводы и, наконец, матку (м), в которой развиваются зародыши.

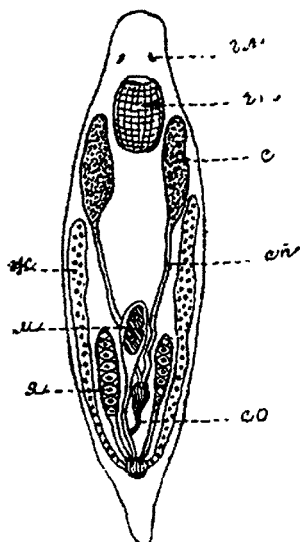


Рис. 41. Внутренние органы ресничного червя: я — глаза, ж — глотка, с — семенник, сп — семепровод, ж — желточник, я — яичник, м — матка, со — совокупительный орган.

У некоторых гермафродитов дело обстоит уже иначе, и яйца и живчики вырабатываются у них в одной и той же железе, которую называют в этих случаях гермафродитной железой, и от нее отходит, как всегда, половой проток; так устроены половые органы у улиток и еще у некоторых других гермафродитов.

Что касается до полового акта и оплодотворения у подобных обоеполых форм, то здесь можно было бы предположить прежде всего, что у них яйца должны оплодотворяться собственными живчиками, т.е. что у гермафродитов происходит так называемое самооплодотворение. Однако, последнее, если бывает, то очень редко — лишь у очень немногих гермафродитов (например, у солитера), у большинства же из них имеет место перекрестное оплодотворение, как у раздельнополых форм, т.е. яйца одной гермафродитной формы оплодотворяются живчиками другой, а яйца последней живчиками первой или вообще какой-нибудь иной формы. Объясняется это тем, что между мужским и женским половым аппаратом гермафродита обычно не бывает сообщения, что и мешает самооплодотворению; кроме того яйца и живчики, даже в случае общей гермафродитной железы, развиваются у них обыкновенно в разное время, так что один и тот же гермафродит функционирует в разное время своей жизни то как самец, то как самка, в зависимости от того, какие именно половые органы у него развиты. Бывает, впрочем, и так, что яичники и семенники развиваются в одно и то же время, и тогда два таких гермафродита вступают друг с другом в обоюдный половой акт:

каждый оплодотворяет другого, как самец, и в то же время оплодотворяется им, как самка; так ведут себя, например, дождевые черви, пиявки и др.

Половое размножение растений.

До сих пор мы говорили о половом размножении только у животных. В растительном царстве наблюдаются те же самые процессы, и хотя по своей внешней форме они носят несколько иной характер, но их внутренняя сущность остается той же самой.

Начать с того, что здесь также имеются два пола — мужской и женский, но гермафродитное состояние у растений наблюдается гораздо чаще раздельно-полого, особенно у высших семенных растений. Каждому, конечно, хорошо известно, что органы размножения у этих растений соединены в цветке (см. рис. 42), при чем они бывают двоякого рода: это, во-первых, тычинки, образующие пыльцу, и, во-вторых, пестик, нижняя часть которого — завязь — превращается

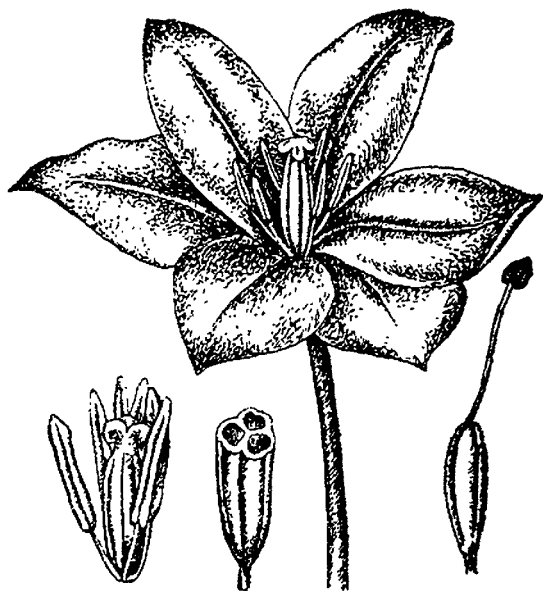


Рис. 42. Цветок тюльпана: внизу налево — тычинка, направо — пестик, между ними завязь в разрезе.

в плод, после того как произойдет опыление пестика этой пылью. Таким образом, тычинка является мужским, оплодотворяющим органом, а пестик — женским, оплодотворяемым. Так как большинство цветов содержат и тычинки и пестик, то и они и те растения, которые имеют такие цветы, являются обоеполыми или гермафродитными. Однако, у некоторых семенных растений, например, у многих деревьев, цветы содержат или только тычинки или только пестик и являются, следовательно, однополыми. Иногда и пестичные и тычиночные (т.-е. мужские и женские) цветы сидят на одном растении (так называемые однодомные растения, например, семейство Березовых — см. стр. 11), но в других случаях они распределяются по разным растениям (так называемые двудомные растения, например, семейство Ивовых — см. стр. 11), и этот послед-

ний случай вполне отвечает раздельнополости состоянию животных, так как и здесь вполне можно говорить о самцах и самках или, что более принято, о мужских и женских растениях.

Еще яснее все эти отношения у споровых растений. У них также наблюдаются оба разобранных выше случая: и соединение мужских и женских половых органов в одной и той же особи, т. е. обоеполость или гермафродитизм, и распределение их по разным особям — раздельнополость (двудомность на языке ботаников), но только сами половые органы гораздо более напоминают то, что мы видели у животных.

Мужская половая железа, отвечающая семеннику у животных, носит у споровых растений название антеридия; в ней образуются мужские половые продукты — такие же подвижные сперматозоиды, или живчики, как у животных. Полного сходства с той формой сперматозоида, которая свойственна большинству животных (см. рис. 37 и 38), у них, впрочем, не бывает: живчики споровых растений часто имеют два жгутика, а не один, или снабжены венчиком ресничек, или имеют штопорообразную форму, но это уже детали, а вообще-то и здесь они представляют из себя чрезвычайно подвижные клетки,двигающиеся при помощи жгутиков или ресничек.

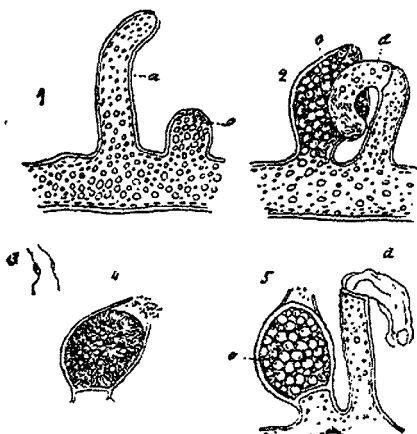


Рис. 43. Половое размножение вошери: 1 — развивающиеся антеридий (а) и оогоний (о); 2 — зрелые антеридий и оогоний; 3 — живчики; 4 — вхождение живчиков в оогоний; 5 — образование оболочки кругом оплодотворенной яйцеклетки.

папоротникообразных) архегонием; в ней помещается почти всегда одна крупная клетка — яйцеклетка или яйцо, которое и оплодотворяется живчиком, выходящим вместе с другими такими же живчиками из антеридия. Этот процесс у знакомой нам уже водоросли вошери (см. рис. 33, на котором представлено у нее образование бесполой зооспоры) изображен на рис. 43, и на нем мы видим и половые органы этой водоросли (1, 2 — а и о), и ее живчиков (3), и их вхождение в оогоний (4).

Как и у вошери, слияние живчика с яйцом происходит почти у всех споровых внутри женского полового органа. Однако, существует целая группа морских водорослей (так называемые фукусовые водоросли), у которых яйца выталкиваются из оогониев наружу, в воду, и только здесь оплодотворяются живчиками. Следовательно, фукусы как бы мечут икру на подобие многих водяных животных, и

во всяком случае сходство их размножения с такими же отношениями в животном царстве чрезвычайно большое.

У высших — цветниковых или семенных — растений зародыш будущего растения помещается в семени, семена же образуются внутри плода, в который превращается нижняя часть женского органа цветка, пестика, или его завязь после опыления. Еще в сороковых годах прошлого столетия удалось установить, что внутри завязи в так называемых семязачатках, разрастающихся позже в семена, имеются особые клеточки, (рис. 44 лк) которые и превращаются потом в зародыш, при чем они вполне отвечают яйцеклеткам или яйцам споровых растений и животных. Долгое время у высших растений не удавалось найти чего-либо отвечающего мужским половым продуктам или живчикам других форм, однако, в конце концов, и они были здесь найдены. В тычинках образуются особые пыльцевые крупинки или пылинки (п), которые, попадая на рыльце, прорастают в длинные пыльцевые трубочки (п.т.), проникающие до семязачатка, после чего и начинается превращение семязачатка в семя и завязи в плод. Так вот оказалось, что каждая пыльцевая трубочка является как бы особого рода антеридием — в ней образуется пара неподвижных клеток, которые вполне отвечают сперматозоидам, так как они служат для того же самого, что и последние, т.е. для оплодотворения яйцеклетки. Детали этого процесса отличаются сравнительной сложностью, почему мы не будем более на этом останавливаться, так как суть дела здесь остается той же самой. Отметим лишь еще, что сравнительно недавно у некоторых (правда, очень немногих) низших семенных растений удалось даже найти настоящие подвижные живчики, чем окончательно было доказано сходство процесса оплодотворения у споровых и семенных растений.

Таким образом, половое размножение совершается и в животном и в растительном царстве по одному плану и всюду его главным моментом является слияние двух клеток — женской, или яйца, и мужской, или живчика.

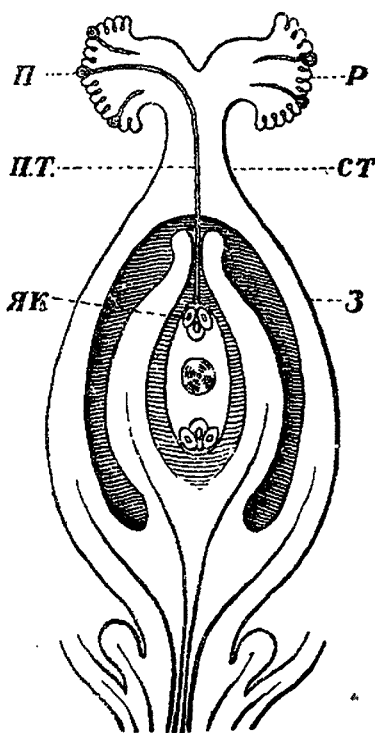


Рис. 44. Схема оплодотворения. з—завязь, ст—столбик, р—рыльце, п—пыльцевая крупинка, п.т.—пыльцевая трубочка, лк—яйцеклетка в семязачатке.

Партеногенез.

Однако, как говорится, нет правила без исключения, чем, между прочим, правила отличаются от законов природы, никаких исключений уже не допускающих. Участие в половом размножении непременно представителей обоих полов — не только самки, но и самца — является все же правилом, а не законом, и из него тоже известно исключение. Сущность последнего сводится к тому, что у некоторых форм как из животного, так из растительного царства яйца могут развиваться и без соединения их со сперматозоидами, причем случаи этого рода носят название девственного размножения или партеногенеза.

Легче всего наблюдать это явление у тех форм, у которых оно впервые и было открыто, именно у мелких насекомых, носящих на-

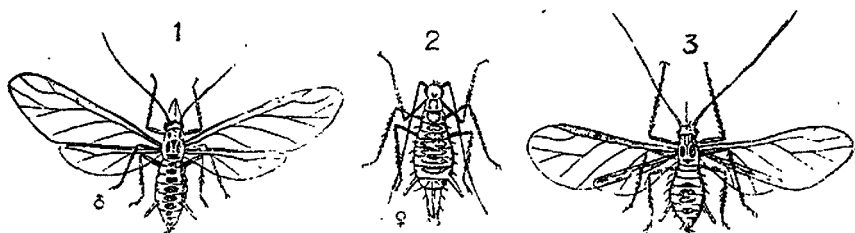


рис. 45. Кленовая тля: 1 — самец, 2 — бескрылая яйцекладущая самка, 3 — крылатая живородящая (партеногенетическая) самка.

звание тлей, которые часто попадают на различных растениях как дико растущих и садовых, так и комнатных, при чем эти тли иногда сильно вредят им, так как они питаются, высасывая соки из этих растений своим хоботком (рис. 45). В течение всего лета среди тлей попадаются только самки, которые рожают живых личинок — тоже только самок, а последние довольно скоро дают начало также себе подобным (3). Самцов при этом не наблюдается вовсе, и развитие новых поколений, которых у тлей в течение лета бывает несколько, происходит совсем без участия мужского оплодотворяющего элемента, т.-е. яйца развиваются, как говорится, девственным путем. Однако, все же в конце лета последнее поколение девственных самок рождает не только самок (обыкновенно бескрылых — 2), но и самцов (1), и между ними происходит нормальный половой акт, в результате которого бескрылые самки откладывают на зиму уже оплодотворенные яйца.

Такое же девственное размножение, или партеногенез, как у тлей, происходит и у некоторых других животных: у различных мелких червей и рачков, живущих в наших водоемах, а также и у некоторых других насекомых. Среди последних очень оригинальный характер носит партеногенез у пчел, так как здесь он приводит всегда к образованию одного пола. Как известно, пчелиная матка или царица

оплодотворяется самцом или трутнем всего раз во время брачного полета, или роя, и сохраняет полученные от него сперматозоиды в особом придатке ее половых путей или семеприемнике. Эти живчики и оплодотворяют откладываемые царицей яйца во время прохождения их по ее половым протокам, при чем здесь имеется особое приспособление, которое может закрывать этим живчиком доступ к яйцам. Благодаря последнему часть яиц откладывается пчелиной маткой оплодотворенными, а часть неоплодотворенными, и специальные исследования показали, что первые дают начало только самкам (т.-е. царицам же или рабочим пчелам), а вторые только самцам или трутням. Таким образом, девственное размножение у пчел приводит к образованию мужского пола; однако, известны формы (также среди насекомых), у которых партеногенетическим путем возникает, напротив, только женский пол, так что в этом отношении нельзя установить какого-нибудь общего правила.

Известны случаи девственного размножения и еще у некоторых других форм из животного царства, а также и у растений, у которых оно, впрочем, встречается гораздо реже. Прежде это явление сближали с знакомым уже нам бесполом размножением, так как при этом тоже не происходит оплодотворения. Однако, как при настоящем половом, так и при девственном размножении новый организм возникает не из какого-нибудь участка тела матери, а из яйца, которое только почему-то утерало необходимость для дальнейшего развития соединяться с живчиком. Вот почему теперь на партеногенез смотрят, как на особый вид полового размножения.

Во всяком случае, размножаться девственным путем, совсем без оплодотворения, ни животные ни растения обычно не могут, и половой акт должен чередоваться время от времени с размножением без оплодотворения, партеногенезом, как это мы видели уже на примере тлей. У других существ так же, как у тлей, после иногда очень большого числа девственных поколений появляется, наконец, и настоящее половое из самцов и самок, между которыми происходит половой акт.

То же самое следует сказать и про бесполое размножение, о котором мы говорили выше. Многие животные и растения размножаются бесполом путем иногда очень долго, но все же и у них оно сменяется, наконец, настоящим половым. Так, та же гидра, о которой мы не раз уже упоминали, в течение долгого иногда времени образует почки, но в конце концов и у нее появляются половые органы и происходит нормальный половой акт, т.-е. оплодотворение яиц живчиками.

Таким образом, оплодотворение является необходимым условием в жизни каждого вида; у всех организмов и бесполое размножение и партеногенез должны время от времени чередоваться с настоящим половым размножением. Причины этого станут нам совершенно ясны, когда мы познакомимся с развитием организмов (см. следующую главу), теперь же следует сказать еще несколько слов об одном тесно связанном с этим явлении.

Чередование поколений.

Одна и та же гидра, о которой мы только что упоминали, размножается в разные периоды своей жизни то бесполом, то половым путем, так что у нее происходит смена или чередование этих двух способов размножения. Однако у тлей дело обстоит уже несколько иначе: у них одним поколениям присуща способность лишь к дев-

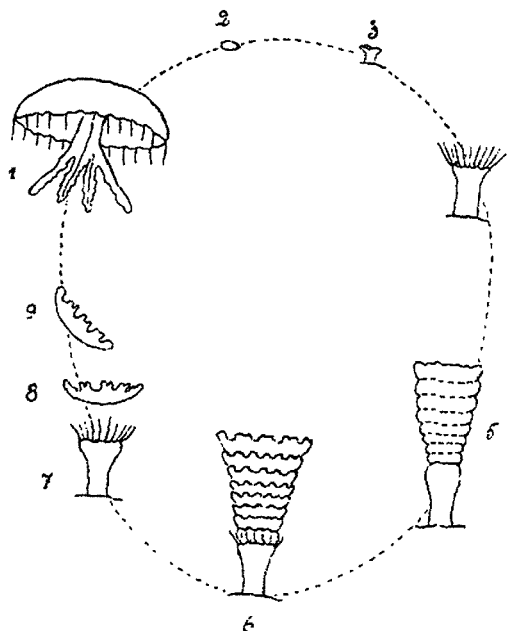


Рис. 46. Чередование поколений у медуз: 1 — взрослая медуза, 2 — личинка, 3 — прикрепление личинки, 4 — полип, 5-9 — бесполое размножение полипа.

ственному размножению, а другим только к настоящему половому — в этих случаях чередуются уже не только способы размножения у одной и той же особи, а и различные поколения, размножающиеся этими двумя способами. К тому же в таких случаях представители различно размножающихся поколений обычно отличаются и по наружному виду друг от друга: так, у многих тлей девственные поколения, состоящие из одних самок, крылатые, а настоящее половое поколение, развивающееся в конце лета, состоит из крылатых самцов и бескрылых самок (см. рис. 45) и т. д. Это явление называют чередованием поколений.

Таким образом, в случае чередования поколений чередуются или сме-

няют друг друга или половое поколение и бесполое или настоящее половое и партеногенетическое. Примером последнего рода и могут служить разобранные выше отношения у тлей. Приведем теперь два примера и другого вида чередования поколений, когда дело идет о смене полового поколения из партеногенетическим, а бесполом, при чем возьмем один пример из животного, другой — из растительного царства.

В морях очень часто попадают свободно плавающие животные из типа кишечнополостных, носящие название медуз. Тело их состоит из прозрачного, студенистого вещества и имеет вид диска или колокола, из-под которого торчит особый вырост — хобот или желудок (см. рис. 46 — 1), при чем эти медузы достигают иногда

размеров тарелки, хотя попадают среди них и очень мелкие формы. Дальнейший цикл развития такой медузы изображен на рис. 46. Сама медуза размножается только половым путем, т. е. при помощи яиц и живчиков, и из ее оплодотворенного яйца выходит личинка (2), которая, поплавав некоторое время в воде, прикрепляется (3), увеличивается в размерах, у нее вырастают щупальца и в конце концов она превращается в особую форму, называемую полипом (4) и очень похожую по своему строению на уже знакомую нам гидру. Полипы эти, в отличие от медуз, никогда не имеют половых органов и размножаются исключительно бесполым путем, именно путем поперечного деления на целый ряд частей. Как видно на рис. 46, части эти первоначально не расходятся друг от друга, так что тело полипа распадается на ряд кружков, которые налегают друг на друга, как тарелки, сложенные стопкой (5, 6). По окончании же этого процесса деления такие кружки начинают отделяться от нижней части производившего их полипа (7) и уплывают в виде молодых медузок (8, 9), которые довольно скоро принимают вид, свойственный взрослой медузе (1).

Словом, здесь происходит правильная смена двух поколений: полового или медуз и бесполого или полипов, при чем медуза дает всегда начало полипу, а полип медузе по такой схеме:

медуза (половое поколение)

полип (бесполое поколение)

медуза

полип

и т. д.

Такое же чередование бесполого и полового поколения встречается очень часто и в растительном царстве, например, у папоротников. Выше уже упоминалось, что всем известный папоротник размножается бесполым путем, при помощи спор, которые развиваются у него на нижней поверхности листьев. Однако, спора эта никогда не дает начало такому же папоротнику, а из нее вырастает маленькое зеленое растение листовидной формы, которое получило название проростка (см. рис. 47). Проросток в противоположность на-

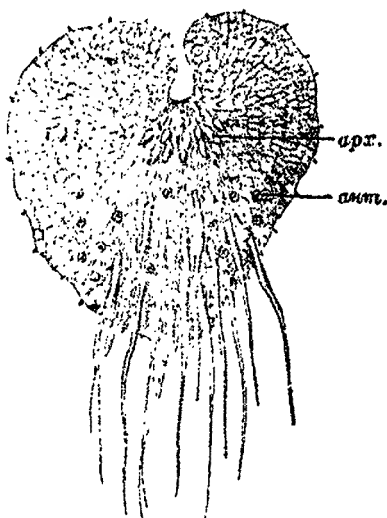


Рис. 47. Проросток папоротника: арх. — архегоний, ант. — антеридий.

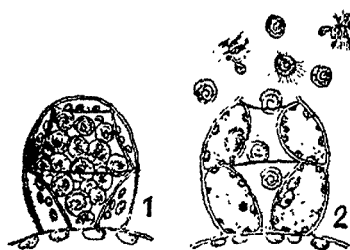


Рис. 48. Антеридий папоротника: 1 — закрытый, 2 — открытый, из которого выплывают живчики.

шему папоротнику размножается исключительно половым путем, для чего на его нижней стороне развиваются знакомые уже нам половые органы — архегонии и антеридии. В антеридиях образуются подвижные живчики шпорообразной формы (рис. 48), в архегониях — яйцеклетки (рис. 49), и последние оплодотворяются первыми. В результате из оплодотворенной яйцеклетки вырастает уже настоящий папоротник, который размножается спорами. Таким образом, здесь половым поколением является предросток, а бесполом — настоящий папоротник, и чередование их происходит по такой схеме:

настоящий папоротник (бесполое поколение)

↓
 предросток (половое поколение)

↓
 папоротник

↓
 предросток и т. д.

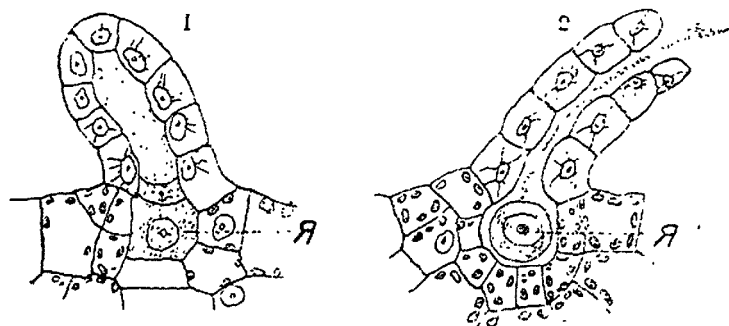


Рис. 49. Архегонии папоротника в разрезе: 1 — закрытый; 2 — открытый; я — яйцеклетка.

Таким образом, аналогия с размножением полипов и медуз здесь совершенно полная.

ГЛАВА ПЯТАЯ.

Развитие организмов.

Эмбриология. — Созревание половых продуктов. — Оплодотворение. — Половой процесс у простейших. — Развитие зародыша. — Дробление яйца. — Зародышевые слои. — Метаморфоз.

В предыдущей главе мы рассмотрели явления размножения, которое служит для сохранения вида. Однако, последнее не достигало бы этой цели, если бы оно не было тесно связано с явлениями развития, которые настолько важны, что на них следует остановиться отдельно.

В чем состоит, прежде всего, сущность этих явлений? Мы познакомились уже с двумя главными видами размножения: половым и бесполом. При последнем новое существо образуется из какого-нибудь участка тела матери, при чем в простейших случаях этого рода почти нет никакого развития, и, самое большее, можно говорить только о восстановлении недостающих частей или о регенерации и затем о росте нового организма. Амеба, например, просто делится пополам (рис. 25), и обе половинки сразу становятся вполне сформированными амебами; у инфузорий (рис. 27 и 28) к этому присоединяется еще и регенерация; то же самое происходит при бесполом размножении у гидры (рис. 4), в случаях вегетативного размножения растений (рис. 31) и т. д. Совершенно иначе обстоит дело при половом размножении: здесь оплодотворенное яйцо, представляющее из себя и после соединения со сперматозоидом все же единственную клетку, дает взрослый организм, состоящий из многих клеток со всем многообразием его тканей и органов *). Этот процесс превращения одноклеточного яйца сперва в зародыша, а затем в готовую форму называют развитием.

Однако представление о том, что из яйца постепенно развивается зародыш, а из зародыша готовая форма, возникло далеко не сразу. Еще в XVII и в XVIII столетиях было очень распространено учение, высказанное впервые известными анатомами Мальпигием и Сваммердамом и получившее название теории предобразования, согласно которому никакого развития яйца в сущности не проис-

*) Понятие развития приложимо, конечно, и к возникновению нового растения из одноклеточной споры, а также к некоторым более сложным случаям бесполого размножения у животных, но более всего характеризует оно явления полового размножения, которые мы и будем главным образом иметь в виду.

ходит, потому что в каждом яйце (а, по мнению других, в каждом живчике) уже скрыто будущее существо в совершенно готовом виде. Таким образом, этот преобразованный в одном из половых продуктов зародыш во время развития только растет и как бы развертывается (откуда и самое слово — развитие), пока из него не получится готовая форма. Некоторые наиболее горячие сторонники данного учения даже утверждали, что они различают в яйцах или в сперматозоидах все части будущего существа, и рисовали, например, в головке живчика человека маленького человечка с руками и ногами и т. д. Нечего и говорить, что теперь, когда известно, что оба половых продукта являются простыми клетками, ничего подобного допускать мы уже не можем. Впрочем, теория преобразования была отвергнута еще задолго до появления клеточной теории, и уже в середине XVIII столетия немецкий ученый и наш русский академик Вольф показал, что зародыш отнюдь не преобразован в яйце и все его части возникают там в результате очень сложных превращений.

Эмбриология.

Учение Вольфа и падение теории преобразования важны потому, что благодаря им открывалась для исследования новая еще не затронутая до того область: явления развития организмов. Последняя составляет предмет особой биологической дисциплины — эмбриологии, которая и стала быстро развиваться с начала XIX столетия, т.-е. значительно позже других уже знакомых нам дисциплин — систематики, анатомии и физиологии. Особенно много сделал для разработки ее наш русский ученый Карл Бэр, собравший богатый фактический материал по развитию цыпленка и других форм и заложивший основные эмбриологические понятия. За ним последовал ряд других ученых, и эмбриология энергично разрабатывалась в течение всего прошлого века.

Развитие каждого организма при половом размножении протекает своею большею частью в яйце, в котором развивается зародыш, однако, у многих форм из яйца не сразу выходит готовое существо, а отличная от него личиночная форма или личинка (напомним головастика у лягушек или личинок у насекомых), которая должна еще закончить свое развитие уже вне яйца. Наконец, сами половые продукты, т.-е. яйцо и живчик, до своего соединения или оплодотворения тоже испытывают известные превращения, иначе говоря, развиваются. Значит, развитие организмов может быть разделено на три главных периода или фазы:

- 1) развитие дозародышевое (преэмбриональное от слова „эмбрион“ — зародыш), т.-е. развитие половых продуктов;
- 2) развитие зародышевое (эмбриональное), т.-е. развитие зародыша в яйце;
- 3) развитие послезародышевое (постэмбриональное), т.-е. развитие личинки по выходе из яйца.

Рассмотрим каждый из этих трех периодов отдельно, имея, главным образом, в виду отношения в животном царстве, у представителей которого все процессы развития изучены наиболее полно.

Созревание половых продуктов.

Период дозародышевого развития или развития половых продуктов можно назвать также созревaniem яйца и живчика. Дело в том, что далеко не всякое яйцо способно соединиться с живчиком, т.-е. быть оплодотворено им, а это происходит лишь у вполне зрелых яиц, проделавших предварительно известные процессы развития или созревания — точно так же, как должны вполне развиться или созреть и мужские половые клетки.

Эти процессы созревания половых продуктов происходят еще в половых органах, а у яиц иногда и после выхода их оттуда наружу. При этом те клетки, которые дают начало половым продуктам — их можно назвать материнскими клеткам сперматозоидов или яиц — приобретают постепенно именно ту форму, которая характерна для зрелого сперматозоида или яйца и с которой мы уже знакомы (см. рис. 34—38). Так как строение яйца почти ничем не отличается от строения типичной клетки, то подобные превращения у него не велики; напротив, изменения материнских клеток сперматозоидов при превращении их в зрелые живчики уже очень значительны. При этом ядро сильно уплотняется и дает начало головке живчика, количество протоплазмы сильно уменьшается, происходит перемещение центрозома, вырастает хвостик и т. д. Однако, все эти процессы менее важны (почему мы и не останавливаемся на них более подробно); центр тяжести при созревании половых продуктов лежит совсем не в них, а в делении их ядерного аппарата и уменьшении количества самого важного вещества ядер — хроматина.

Мы уже разобрали выше типичное не прямое деление ядра или кариокинез (см. рис. 26) и знаем, что его главной целью является точное распределение между новыми клетками хроматина материнской клетки, принимающего в это время вид особых отдельностей, хромозом, число которых постоянно для каждого вида. Такие же процессы деления происходят и во время созревания половых продуктов, только здесь они приобретают несколько иной характер.

На рис. 50 изображены эти деления при развитии живчиков у червя аскариды (из круглых глистов), которая отличается тем, что ее клетки содержат по 4 очень крупных хромозомы. Каждая материнская клетка сперматозоидов (1) делится при этом два раза, распадаясь таким образом на 4 клетки (6), которые и превращаются затем в четырех живчиков, самый же процесс деления идет следующим образом. Первое деление ее представляет обычный кариоки-

мез, и две получающихся при этом клетки имеют, как и материнская, по 4 хромозомы (2, 3, 4). Если бы и дальше процессы деления шли нормальным путем, то ядро должно было бы в каждой из этих клеток перейти в стадию клубка и затем в покоящуюся стадию, однако этого не бывает и, напротив, эти две клетки сейчас же снова делятся, при чем их хромозомы не располагаются в один ряд по экватору веретена, чтобы снова поделиться пополам, как при первом делении, а сразу помещаются в два ряда, образуя вместо простой звезды двойную звезду, но уже с вдвое меньшим числом хромозом в каждой из ее половин (5). В результате и

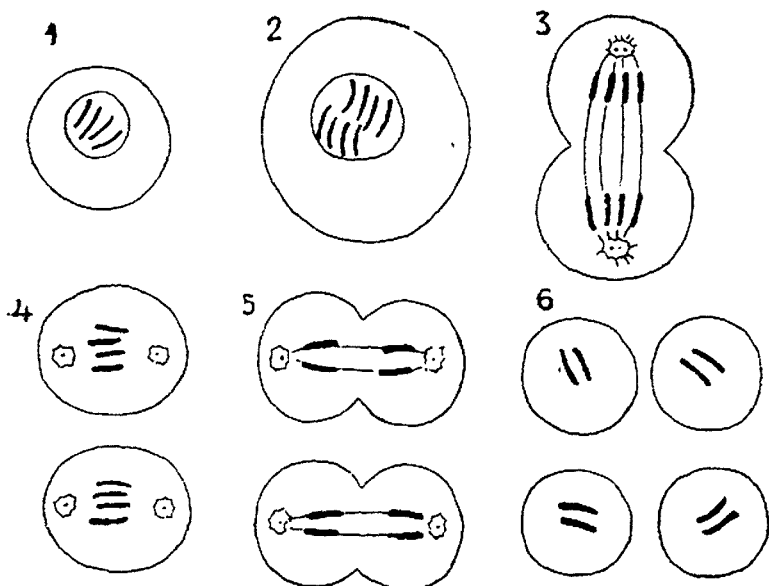


Рис. 50. Схема развития живчиков у червя аскариды.

каждая из получающихся при этом 4 клеток имеет теперь уже не по четыре, а только по две хромозомы (6), которые и переходят затем в зрелый сперматозоид.

Таким образом, сперматозоиды во время процессов своего созревания, благодаря двум следующим друг за другом делениям, испытывают уменьшение количества своего хроматина, и число хромозом в них становится вдвое меньшим против обычного числа: у аскариды—2 вместо 4, у саламандры—12 вместо 24 и т. д. Этот процесс уменьшения количества хроматина, которое особенно наглядно выражается в уменьшении вдвое числа хромозом, носит название редукции хроматина и является обязательным при каждом созревании половых клеток—не только мужских, но и женских.

Впрочем, с чисто внешней стороны созревание яйца протекает несколько иначе, чем созревание живчика, хотя сущность его заключается в том же самом.

Давно уже было замечено, что яйца, или еще до вхождения в них сперматозоида или сейчас же вслед за этим, выделяют на своей поверхности два маленьких тельца, назначение которых долго оставалось неясным. Одно время думали, что они служат для определения направления той первой борозды, которая вслед за оплодотворением появляется на яйце, когда последнее приступает к делению, и благодаря этому данные образования получили название направительных телец. Однако, позже было выяснено, что направительные тельца служат не для чего иного, как для той же самой редукции хроматина, почему их теперь многие и называют редукционными тельцами.

Процесс образования последних у той же аскариды, имеющей в клетках лишь по 4 хромозомы, изображен на рис. 51. Мы видим на нем, что при этом ядро яйца направляется к периферии и делится обычным каринетическим путем (2) вслед за этим делится и протоплазма, только оба продукта деления здесь неравны по своей величине, т.-е. по количеству окружающей каждое из новых ядер плазмы, и в результате от яйца отделяется только маленькая почка — первое направительное или редукционное тельце (3). Так как это первое деление яйца, как и первое деление материнской клетки сперматозоидов (см. рис. 50-2—4), носит самый обычный характер, то и в первом редукционном тельце и в ядре яйца оказывается при этом типичное число хромозом: у нашей аскаонды по четыре. Однако и здесь ядро яйца не вступает вслед за этим в стадию покоя, а делится еще раз и от яйца отделяется снова ма-

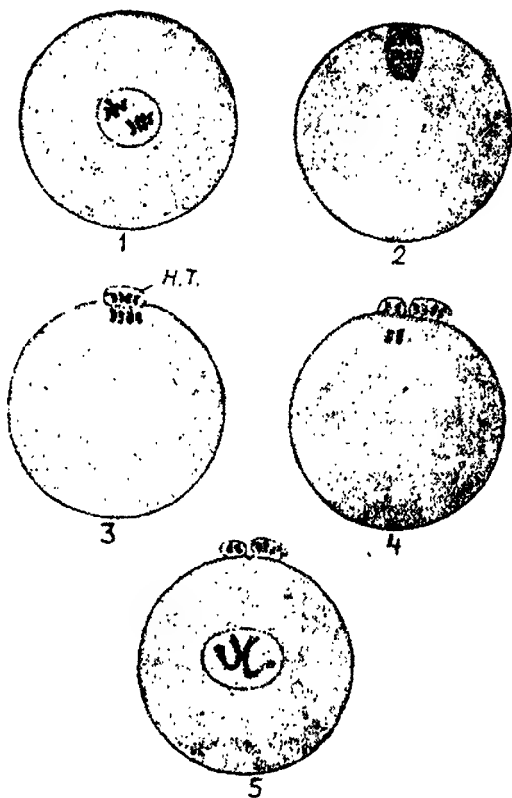


Рис. 51. Выделение направительных телец у аскариды: н.т. — направительное тельце.

ленькая почка — второе направительное или редукционное тельце (4). Хромозомы в яйце во время этого деления сразу располагаются в два ряда, возникает стадия двойной звезды, почему в результате и во втором редукционном тельце и в яйце остается только по две хромозомы вместо четырех (5), так что и в яйце эти процессы приводят к уменьшению числа хромозом вдвое, т.-е. к такой же редукции хроматина, которая имеет место и во время созревания живчиков.

Аналогия между редукцией хроматина при развитии как живчиков, так и яиц, конечно, совершенно полная. Все различие между обоими процессами заключается в том, что созревание сперматозоидов совершается по типу деления (одной материнской клетки сперматозоидов на четыре), а созревание яйца происходит по типу почкования (от яйца двух маленьких направительных или редукционных телец). В результате обоих процессов каждый живчик и яйцо получают лишь половинное число хромозом, к чему и сводится редукция хроматина. Заметим еще, что эти процессы во время созревания мужских половых клеток приводят к образованию из одной первоначальной материнской клетки четырех сперматозоидов, каждый из которых может оплодотворить яйцо. Напротив, при созревании последнего только оно одно и представляет способный к оплодотворению продукт, что же касается до редукционных телец, то они скоро погибают и служат только для удаления из яйца излишнего хроматина. Причина этого вполне понятна: мы знаем, что для оплодотворения одного яйца обычно выпускается много сперматозоидов, хотя только один из них достигает своей цели (см. рис. 39): благодаря этому природа оказывается очень экономной в одном случае, используя каждый продукт редукционного деления для образования живчиков, и, напротив, совсем не экономна в другом — при созревании яиц, которых образуется всегда во много раз меньше, чем сперматозоидов. По существу же оба процесса вполне тождественны и достигают одного и того же: редукции хроматина и уменьшения числа хромозом до половины, при чем общее количество хроматина уменьшается до одной четверти, а три четверти его удаляются из клетки.

Оплодотворение.

Спрашивается, какой смысл имеет эта редукция хроматина, почему она происходит при развитии и мужских и женских половых клеток? Это станет для нас вполне ясным, если от созревания последних мы перейдем к следующему акту, которым заканчивается период дозародышевого развития, именно к акту оплодотворения или соединения яйца с живчиком.

Выше уже упоминалось, что при этом главную роль играет соединение их ядер, в чем мы можем убедиться и из рассмотрения рис. 52, изображающего ход оплодотворения у той же аскариды.

После проникновения живчика в яйцо, из его головки освобождается ядро, а из шейки центрозома, остальные же части, повидимому, растворяются в протоплазме яйца. Ядро сперматозоида

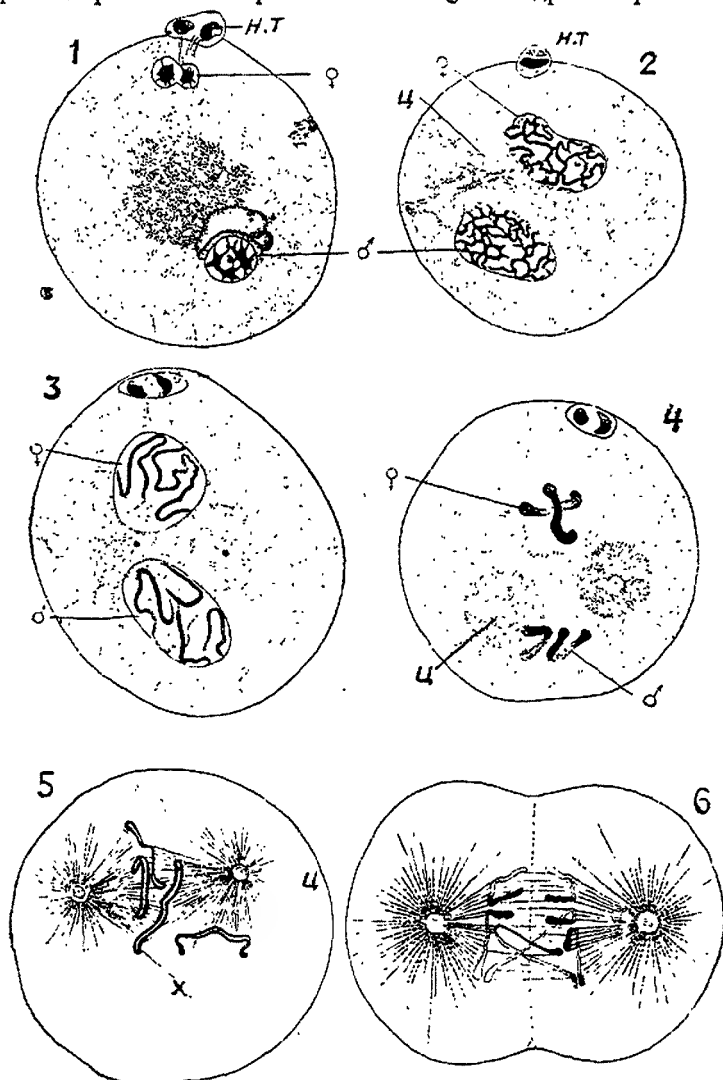


Рис. 52. Оплодотворение у аскариды: н.т. — направительные тельца; ♀ — женское (яйцевое) ядро; ♂ — мужское (семенное) ядро; ц — центрозомы; х — хромозомы.

становится менее плотным, увеличивается в размерах, приближаясь по величине к ядру яйца, которое к этому времени уже проделало редукцию своего хроматина и выделило часть его в направительных тельцах (н.т.). На рис. 52 ядро яйца обозначено всюду знаком

самки — ♀, ядро живчика знаком самца — ♂, и называют их в это время первое — женским ядром, второе — мужским ядром. Оба ядра приближаются друг к другу и в них становятся заметны хромозомы, при чем, конечно, и в том и в другом ядре, благодаря произошедшей перед тем редукции хроматина, их оказывается половинное число: у аскариды по две вместо четырех (см. рис. 52—3 и 4). Центрозома яйца перед оплодотворением обычно исчезает, другая же центрозома, внесенная в яйцо живчиком (на рис. 52 обозначена буквой ц), делится на две центриоли и они окружаются каждая своей лучистостью (2, 3, 4). Наконец, ядра мужское и женское совсем сближаются друг с другом и сливаются в одно, но в это время у аскариды их оболочки исчезают, а хромозомы ложатся по экватору веретена, появляющегося между обоими центриолями (5). В это время в яйце оказывается уже нормальное или полное число хромозом, при чем половина их получается из женского, т.-е. прежнего яйцевого, ядра, а половина из мужского, т.-е. из ядра живчика. Каждая из тех двух клеток, на которые сейчас же вслед за оплодотворением разделяется яйцо, получает тоже нормальное или полное число хромозом (6), но половина их происходит из яйца, т.-е. от матери, а половина из сперматозоида, т.-е. от отца. Все клетки тела любого организма происходят, как мы дальше увидим, благодаря последовательному делению оплодотворенного яйца, и все они получают полное и характерное для данного вида число хромозом (у аскариды по 4), но опять таки половина их является потомками хромозом яйца, а другая половина — потомками хромозом живчика.

Так происходит дело не только у аскариды, но и у всех исследованных в этом отношении форм, откуда приходится заключить, что главная сущность всего процесса оплодотворения и состоит в слиянии мужского и женского ядер, именно их хроматиновых масс. В самом деле, слияние протоплазмы не может играть при этом особенной роли, так как живчик доставляет ее ничтожное количество, центрозома же оплодотворенного яйца всецело происходит из центрозомы живчика, так как яйцевая центрозома перед оплодотворением исчезает. Остается только ядро, и, действительно, мы видим, что процесс редукции направлен к уравниванию количества мужского и женского хроматина в ядре оплодотворенного яйца, а из него хромозомы яйца и живчика совершенно равномерно распределяются по всем клеткам будущего организма.

Мы знаем далее, что при половом размножении благодаря оплодотворению новый организм получает и свойства матери и свойства отца, при том, если иметь в виду не отдельные случаи, а всю их совокупность, то приблизительно в равном количестве. Зная теперь весь ход оплодотворения, не трудно прийти к заключению, что эти свойства родителей передаются при помощи половых продуктов скорее всего их хромозомами, т.-е. что хроматин и является, как говорится, носителем наследственных свойств. От-

сюда становится понятным, почему он так тщательно распределяется при каждом делении любой клетки и почему более сложное непрямое деление или кариокинез встречается гораздо чаще прямого.

Заметим, что все эти данные добыты в сравнительно недавнее время, до тех же пор сущность оплодотворения оставалась во многом загадочной. Лишь в 70-х годах прошлого столетия было открыто и изучено явление кариокинеза и ход всего акта оплодотворения, а несколько позже, уже в течение 80-годов, была установлена та точка зрения на хроматин, как на носителя наследственных свойств организма, о которой мы только что упоминали.

Теперь мы можем без труда дать ответ и на вопрос о значении редукции хроматина во время созревания живчиков и яиц. Не будь ее, т.-е. если бы каждый из половых продуктов заключал в себе полное число хромосом, число последних неизбежно бы удвоилось при первом же оплодотворении, и новое поколение заключало бы в своих клетках уже не нормальное, а двойное число хромосом. Так как это продолжалось бы и дальше, то подобный процесс, конечно, невозможен, и для предотвращения его и существует редукция хроматина, т.-е. уменьшение числа хромосом в обоих половых продуктах вдвое.

К этому примешивается однако и другая, не менее важная сторона. Раз хроматин является носителем наследственных свойств, то мы получаем в нем свойства прежде всего наших родителей, а если бы не было совсем редукции хроматина, то получали бы полностью свойства и дедов и бабок и вообще свойства всех предшествующих поколений, что вызвало бы их чрезмерное накопление у каждого организма. Однако, и этого также не бывает, потому что во время редукции хроматина с частью хромосом удаляется, вероятно, и часть наследственных свойств, благодаря чему многие признаки более отдаленных предков совершенно исчезают у их потомства. Наконец, благодаря тому, что при редукции у одного из половых продуктов удаляются одни хромосомы — значит, одни наследственные свойства, у другого, подобного ему, — другие, потомки одной и той же пары особей, что особенно ясно видно на людях, никогда не бывают вполне сходны друг с другом, а всегда обнаруживают известные личные, т.-е. свойственные только каждому из них, или, как обычно выражаются, индивидуальные особенности. Все это становится возможным лишь благодаря дозародышевому периоду развития организмов, т.-е. созреванию половых клеток, и в частности благодаря редукции хроматина, а также тесно связанному с ним оплодотворению. Последнее, впрочем, имеет еще и другое значение, и на выяснении этого нам также необходимо здесь остановиться.

Вполне зрелое яйцо у большинства форм все же неспособно к развитию, но достаточно ему соединиться с живчиком, как оно начинает развиваться. Следовательно, сперматозоид, входя в яйцо, дает последнему какой-то толчок или импульс к развитию, и в этом также заключается важная сторона оплодотворения. В чем именно состоит такой импульс, мнения несколько расходятся: одни считают

наиболее важным при этом внесение живчиком в яйцо центрозома, которая, как уже говорилось выше, отсутствует у большинства зрелых яиц, между тем она безусловно необходима для дальнейшего развития яйца, как своего рода механический центр при его делении. Согласно другой теории, живчик вносит в яйцо известные вещества, действующие на него уже чисто химическим образом; эти вещества и возбуждают развитие, уничтожая в яйце существующее там до того несоответствие между его плазмой и хроматином, которое и мешает яйцу до оплодотворения приступить к делению. Весьма вероятно, что и та и другая точка зрения правильна, т.-е. что живчик возбуждает развитие яйца и внесением в него клеточного центра и кроме того известных специфически действующих веществ.

Во всяком случае, у некоторых форм яйцо может приступить к развитию и без воздействия на него живчика, при чем случаи этого рода мы рассматривали уже выше под именем партеногенеза или девственного размножения. Следует отметить, что у способных и партеногенетическому развитию яиц центрозома обыкновенно сохраняется, кроме того такие яйца выделяют большею частью уже не два направительных тельца, а только одно, почему и редукции хроматина в них не происходит. Последнее, однако, не составляет общего правила, и известны случаи, когда и при девственном размножении яйца выделяют по два редукционных тельца. Иногда при этом второе редукционное тельце, унесшее из яйца половину его хромосом, возвращается в яйцо обратно и играет ту же роль, как и живчик, сливая свое ядро с ядром яйца. Все это, конечно, показывает, что партеногенез есть упрощенное половое размножение, а отнюдь не бесполое, как предполагали раньше.

Еще более интересно, что кроме естественного партеногенеза существует и искусственный, при котором нормально неспособные к девственному развитию яйца начинают развиваться этим путем под влиянием какого-нибудь раздражения. Особенно много таких опытов было произведено над яйцами морских ежей и других иглокожих, при чем развитие яйца возбуждалось или растворами различных солей, которые прибавлялись в сосуд с водой, заключающей такие яйца, или пропусканием через эту воду углекислоты, или изменением температуры, или встряхиванием яиц и т. д. Под влиянием всех этих раздражений яйца начинали развиваться партеногенетически и иногда даже вполне заканчивали свое развитие, давая нормальных личинок, так что здесь раздражающее влияние на яйцо живчика с успехом заменялось воздействием другого раздражителя. Сравнительно недавно удалось вызвать оплодотворение яиц некоторых животных живчиками крайне далеких от них форм: например, яйцо морского ежа было оплодотворено сперматозоидом моллюска, т.-е. представителя даже иного типа. Слияния ядер обоих клеток в этих случаях уже не происходило: значит, не было собственно и оплодотворения, но яйцо все же приступало к развитию, так как чужой сперматозоид играл здесь роль только возбудителя

партеногенетического развития в роде растворов солей или других таких же раздражителей.

Наконец, третье значение процесса оплодотворения состоит в том, что благодаря внесению в яйцо хроматина от другой особи оно оказывает на него обновляющее или омолаживающее действие. Это значение оплодотворения становится особенно ясным, если познакомиться с аналогичным ему половым процессом у одноклеточных существ или простейших.

Половой процесс у простейших.

Выше мы говорили уже о бесполом размножении последних и знаем, что оно сводится у них к простому делению клетки, хотя последнее принимает иногда вид почкования или образования спор (см. стр. 71). Однако, у всех простейших кроме этого способа размножения существует и настоящий половой акт, вполне отвечающий оплодотворению у многоклеточных существ.

Впервые это явление было открыто и изучено у инфузорий, в частности у известной уже нам инфузории-туфельки, о строении которой подробно говорилось выше (см. стр. 33 и рис. 15). Эти инфузории размножаются в обычных условиях путем простого деления, однако, в их культурах время от времени удается подметить и другой процесс — именно соединение их попарно, при чем, поплавав в таком виде некоторое время, такие инфузории расходятся и начинают снова размножаться бесполом путем. Это спаривание инфузериий получило название конъюгации, и оказалось, что оно наступает у каждого вида после определенного числа делений, при чем, если какие-нибудь условия мешают конъюгации (этого можно достигнуть, например, усиленным питанием), то инфузории обнаруживают ряд дефектов в своем строении: они, как говорится, стареют, и, наконец, вся культура вымирает. Таким образом, конъюгация оказывает на инфузорий обновляющее или омолаживающее действие, так что, если она своевременно не происходит, то наступает старение и, наконец, смерть клетки.

Каковы же однако те внутренние процессы, которые происходят при конъюгации и вызывают омолаживание клетки? Оказывается, и здесь дело сводится прежде всего к хроматину, при чем происходящие при этом процессы чрезвычайно напоминают явления созревания половых клеток и оплодотворение.

У инфузорий, как мы знаем уже, имеется обыкновенно по два ядра: большое или макронуклеус и малое или микронуклеус — последнее-то и играет главную роль во время конъюгации. После того как две конъюгирующие инфузории приложились друг к другу своими брюшными сторонами (т.-е. теми, где находится ротовое отверстие), макронуклеус начинает разрушаться и, наконец, исчезает (см. рис. 53, где ма обозначает остатки макронуклеуса). Малое ядро или микронуклеус делится в это время два раза и распадается

у каждой инфузории на 4 ядра (рис. 53 — 1), из которых три также разрушаются, подобно макронуклеусу (ми), а четвертое делится еще раз на две части, которые можно назвать мужским или странствующим и женским или неподвижным ядрами (рис. 53 — 2). Женское или неподвижное ядро (н.я.) остается в теле каждой из инфузорий, мужское же или странствующее ядро (с.я.) перемещается в тело другой из конъюгирующих инфузорий и сливается с его женским ядром, т.-е. у них происходит обмен странствующими ядрами и каждая из подобных особей образует в своем теле новое ядро, состоящее наполовину из своего и наполовину из чужого хроматина (рис. 53 — 2 и 3). Это ядро и дает путем деления начало новому

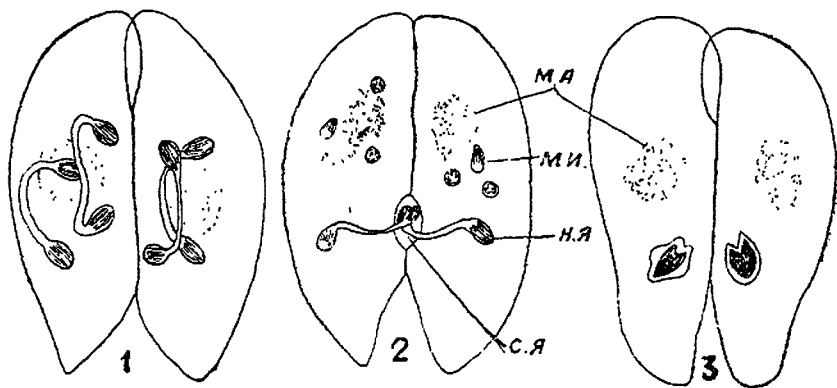


Рис. 53. Конъюгация у инфузории туфельки: МА — остатки макронуклеуса, МИ — разрушающиеся части микронуклеуса, Н.Я. — неподвижное ядро, С.Я. — странствующее ядро.

макронуклеусу и микронуклеусу каждой инфузории, после чего последние расходятся и конъюгация заканчивается.

Сходство с дозародышевым периодом развития многоклеточных животных здесь, конечно, очень большое. Как каждый из половых продуктов во время созревания избавляется от трёх четвертей своего старого хроматина, так это происходит и в начале конъюгации по отношению к половому ядру инфузорий — их микронуклеусу. Как затем оставшийся в яйце или живчике хроматин соединяется с таким же количеством хроматина от другой особи, так это же имеет место и во время конъюгации. Как, наконец, обновленная в результате последнего процесса инфузория производит бесполом путем множественных подобных себе особей, так и оплодотворенное яйцо разделяется затем на громадное число клеток, составляющих тело многоклеточного организма. Следовательно, оба процесса тождественны: конъюгация инфузорий представляет из себя настоящий половой акт, а оплодотворение и предшествующие ему процессы созревания вызывают омоложение или обновление той клетки, которая дает начало

новому организму путем известных перегруппировок в хроматине и слияния этого вещества от двух различных особей.

Нельзя не отметить, что у многих простейших половой акт имеет характер, еще более близкий к оплодотворению многоклеточных существ, так как во время него происходит уже не временное, а постоянное слияние двух особей в одну с таким же слиянием и их ядер. Эти случаи, в отличие от временной конъюгации, называют копуляцией. Наиболее интересно, что иногда при копуляции редукция хроматина происходит путем выделения редукционных телец, как у яйца. Случай этого рода мы видим на рис. 54 у

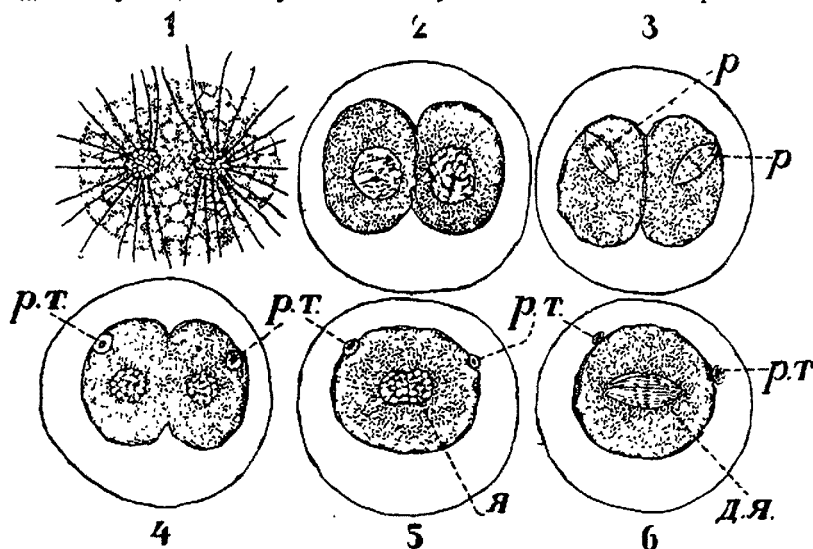


Рис. 54. Копуляция у солнечника: *p* — выделение редукционного тельца; *p.t.* — редукционные тельца; *я* — ядро, получившееся слиянием ядер двух особей; *д.я.* — его деление.

одного из простейших, именно у солнечника (близкого к корне-ножкам, к которым, как мы знаем, относятся амебы). Два копулирующих солнечника сливаются друг с другом и окружаются общей оболочкой (1, 2), ядра приближаются и выталкивают часть своего хроматина в виде направительных телец (3, 4), после чего сливаются друг с другом в одно общее ядро новой особи, возникающей из двух старых (5), при чем эта особь сейчас же приступает к делению (6). В некоторых из таких случаев удалось подметить и редукцию хромосом до половинного числа.

Если, наконец, прибавить, что у многих одноклеточных существ копулируют не они сами, а те споры, на которые предварительно распадаются такие простейшие (такие споры можно назвать половыми спорами, хотя чаще их называют гаметам), при чем иногда и эти споры или гаметы бывают различной величины — большие,

соответствующие яйцам, и малые, отвечающие живчикам, то связь полового акта простейших с оплодотворением многоклеточных существ и постепенный переход одного в другое станет совершенно ясным.

На этом мы можем и закончить рассмотрение дозародышевого периода развития организмов, т.-е. созревания половых продуктов и оплодотворения. Детали его несколько различны у различных форм — в частности в растительном царстве дело обстоит не совсем так, как в животном, но это все именно уже детали, почему мы и не будем на них останавливаться, а основная сущность остается везде той же самой, т.-е. при этом достигается передача новому организму свойств двух старых организмов — отца и матери, происходит обновление или омоложение той клетки, которая производит новую особь и, наконец, возбуждается самое развитие последней. Важные преимущества, связанные именно с оплодотворением, делают теперь вполне понятным, почему ни бесполое размножение, ни партеногенез не продолжают бесконечно, а всегда чередуются с настоящим половым размножением, в котором оплодотворению принадлежит главная роль.

Развитие зародыша

Непосредственно вслед за оплодотворением начинается зародышевый период развития, продолжающийся вплоть до выхода организма из яйца. Так как последнее даже в момент оплодотворения является одной единственной клеткой, а взрослый организм по выходе из яйца не только состоит из многих клеток, но и из различных тканей и органов, то во время зародышевого периода должны быть разрешены две задачи: прежде всего яйцо должно распасться или разделиться на много клеток, а затем у такого многоклеточного зародыша должны произойти известные изменения или, как говорят, дифференцировка, в результате которой из одинаковых первоначально клеток и возникают различные органы и ткани взрослого организма.

Первая из этих задач — превращение одноклеточного яйца в многоклеточного зародыша — достигается путем деления его на большое число клеток, при чем продукты этого деления не расходятся друг от друга, а составляют все время общее целое, называемое зародышем. Затем в зародыше наступает ряд довольно существенных изменений, при чем образуются так называемые зародышевые слои и из них уже возникают органы и ткани взрослого животного, чем достигается вторая задача развития.

Дробление яйца.

Деление яйца на целый ряд одинаковых первоначально клеток было открыто лет 100 тому назад, т.-е. еще до возникновения клеточной теории, и получило название дробления, под которым

оно известно и теперь, при чем Бэр совершенно правильно истолковал его смысл и значение.

Наиболее типично и правильно протекает дробление у яиц, в которых питательного желтка очень мало или даже совсем нет, как у многих низших животных или у живородящих форм (см., напр., рис. 35). Вслед за слиянием мужского и женского ядер получающееся в результате этого ядро оплодотворенного яйца, как мы уже говорили выше, сейчас же делится обычным каиокинетическим путем (см. рис. 52—6) и вслед за этим делится пополам и все яйцо, так что получается двухклеточный зародыш или стадия 2 клеток (рис. 55—2). Каждая из этих двух клеток или шаров дробления, как их обычно называют, делится затем в свою очередь на две клетки и получается четырехклеточный зародыш или стадия 4 клеток (рис. 55—3). Последние тем же путем дают сперва 8-(4), а затем и 16-клеточную стадию (5), на которых клетки располагаются уже в два этажа. За стадией 16 клеток следует стадия 32 (рис. 55—6), 64 и т. д. клеток, пока такое дробящееся яйцо не превратится в шарообразную кучку однородных клеток, внутри которой нередко имеется свободное пространство, называемое полостью дробления.

Этот вид дробления, при котором яйцо раздробляется все деликом на совершенно одинаковые клетки, называется полным и равномерным. Однако, если в яйце содержится питательный желток, эта правильность и равномерность дробления нарушается. Благодаря тому, что крупинки желтка, как более тяжелый материал, скопляются всегда в нижней половине яйца, оттесняя большую часть протоплазмы с ядром кверху (см. рис. 34), нижнее полушарие яйца не может делиться так быстро, как верхнее, и получающиеся из него клетки или шары дробления оказываются крупнее и богаче желтком, чем те, которые происходят из верхней половины яйца, где желтка нет: дробление становится полным, но неравномерным (см. рис. 56). Наконец, если желтка в яйце особенно много, то нижняя половина яйца, переполненная этим питательным материалом, оказывается не в состоянии более дробиться: распадается на клетки или шары дробления лишь верхняя часть яйца,

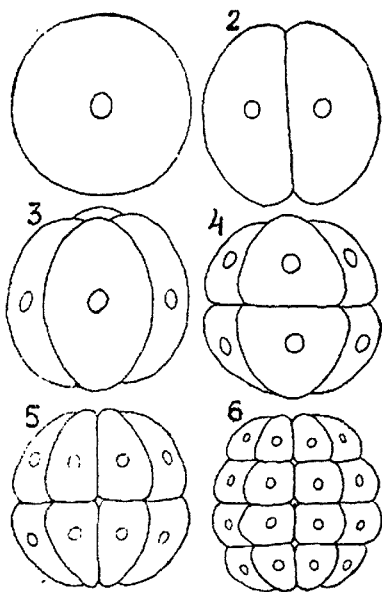


Рис. 55. Полное и равномерное дробление: 1 — нераздробившееся яйцо; 2 — стадия двух; 3 — стадия четырех; 4 — стадия 8-ми; 5 — стадия 16-ти; 6 — стадия 32 шаров дробления.

как это изображено на рис. 57, так что в конце концов получается лишь шапочка мелких клеток на почти нераздробившемся желтке (3, 4). Этот вид дробления носит название *частичного*.

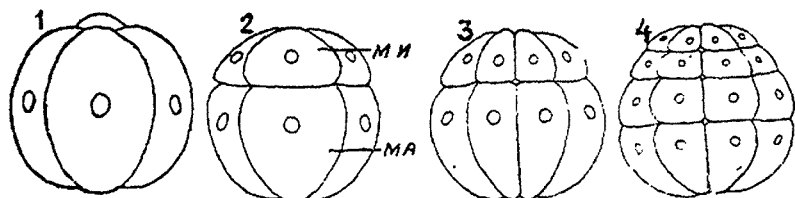


Рис. 56. Полное и неравномерное дробление: стадии 4-х (1), 8-и (2), 16-и (3) и 32-х (4) клеток, из которых нижние (ма) больше, верхние (ми) меньше.

Тем не менее, по какому бы из этих типов ни протекало дробление, его сущность остается одной и той же, и во время этого процесса происходит распадение одноклеточного яйца на кучку однородных клеток, между которыми еще нет в это время заметного разделения труда.

По окончании дробления начинается дифференцировка зародыша на свойственные данной форме органы и ткани. Однако, число не

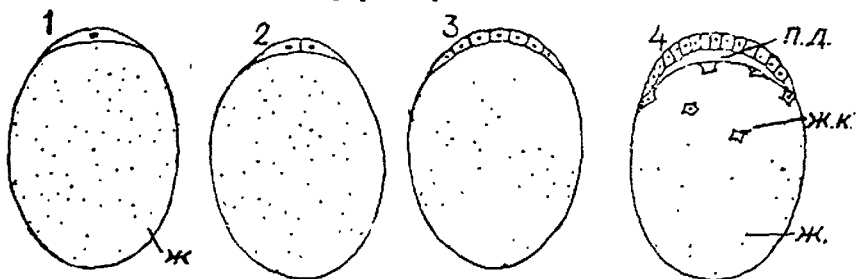


Рис. 57. Частичное дробление: стадии одной (1), двух (2), нескольких (3) и многих (4) клеток; п.д. — полость дробления, ж. — желток, ж.к. — клетки в нем.

только органов, но даже их главных систем, как мы видели выше, в животном царстве довольно велико, и благодаря этому зародыш распадается предварительно на небольшое число пластов или слоев — своего рода первичных органов зародыша, а они уже дают начало всем окончательным органам готовой формы. Поэтому следующий за дроблением период зародышевого развития называют периодом образования зародышевых слоев, а уже за ним следует образование органов.

Зародышевые слои.

Для всех многоклеточных животных, в отличие от представителей растительного царства, характерно разделение их органов на две главных группы: внутренние и внешние. В связи с этим

у зародышей всех животных после дробления возникают прежде всего два главных зародышевых слоя: наружный и внутренний, благодаря чему зародыш приобретает двуслойное строение.

Дробление, как уже упоминалось, заканчивается стадией, состоящей из шарообразного скопления одинаковых клеток с полостью внутри (рис. 58—1): в это время в зародыше нет еще особых слоев или, вернее, он однослоен, так как все его клетки собраны кругом центральной полости в виде стенок шара. Вслед за тем одна из половин такого шара вырастает или как бы втягивается в другую (рис. 58—2) и образует внутренний слой зародыша (в.с.) а остающаяся невпяченной часть становится его наружным слоем (н.с.), при чем полость дробления (п.д.) сводится в это время до узкой щели или просвета между этими двумя зародышевыми слоями или пластинами.

Два главных зародышевых пласта — наружный и внутренний — наблюдаются при развитии всех многоклеточных животных.

Способы их образования, конечно, несколько отличаются друг от друга у различных форм, при чем и здесь, как при дроблении, не малую роль играет большее или меньшее богатство яиц желтком. Однако, как бы это ни происходило, зародыш обыкновенно оказывается вслед за дроблением двуслойным, т.е. состоящим из наружного и внутреннего зародышевого пласта, которые были открыты и описаны еще Бэр. Нельзя не отметить, что такие двуслойные зародыши высших форм весьма напоминают по своему строению низших представителей многоклеточных животных из типа кишечноротовых вроде знакомой нам гидры (рис. 4). Тело ее также состоит, как мы знаем, из 2 слоев — наружного и внутреннего, окружающего пищеварительную полость, открывающуюся наружу ртом, вокруг которого сидят щупальца. У двуслойных зародышей внутренний слой также окружает особую полость (см. рис. 58—п.к.), которая позже превращается в полость кишечника, почему ее и называют полостью первичного кишечника, и она тоже открывается наружу при помощи особого отверстия или первичного рта (п.р.) — кругом последнего только никогда не бывает щупалец, как у гидры. Сходство это, как мы дальше увидим, представляет большой интерес и имеет важное значение.

Если дело идет о развитии какого-нибудь представителя кишечноротовых, то дальнейшей дифференцировки двуслойного зародыша уже не происходит, и он довольно скоро превращается во

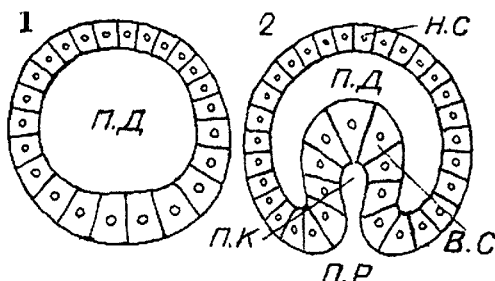


Рис. 58. Однослойный (1) и двуслойный (2) зародыши: п.д. — полость дробления; п.с. — наружный; в.с. — внутренний слой; п.к. — полость первичного кишечника; п.р. — первичный рот.

взрослую форму. Иначе обстоит дело у представителей всех высших типов: у их зародышей наружный и внутренний слои распадаются еще на различное число особых зачатков, которые можно назвать первичными зачатками, а последние уже дают начало окончательным органам. Так, у того

червя, к которому относится наш рис. 59, вслед за стадией двуслойного зародыша (1) получается стадия с четырьмя первичными зачатками (2): один из них является наружным слоем (н.с.) другой — внутренним слоем (в.с.), третий — лежащим между ними средним слоем (с.с.) и четвертый — зачатком половых органов (п.з.). Каждый из этих зачатков идет на построение определенных органов: наружный слой дает кожу, нервную систему и органы чувств, внутренний — большую часть кишечника, средний — мускулатуру, а у других форм и ряд внутренних органов (кровеносную, выделительную систему и др.), половой же зачаток производит половые клетки.

Для зародышевых слоев в эмбриологии существуют специальные названия: наружный называется эктодермой, внутренний — энтодермой, а средний — мезодермой. Стадия однослойного зародыша, который заканчивается дроблением, называется бластулой, а двуслойный зародыш — гастролой. Впрочем, эти детали не представляют для нас здесь особого интереса.

Развитие зародыша из оплодотворенной яйцеклетки у растений сводится к тем же процессам, как и в животном царстве, т.-е. здесь яйцо сперва распадается на ряд клеток и получается многоклеточный зародыш, а затем в нем происходит обособление или, как говорят, дифференцировка различных органов. Однако, в связи с более простым строением растительного тела и составом его лишь из очень немногих органов все эти процессы протекают здесь значительно проще. У растений нет ничего подобного зародышевым

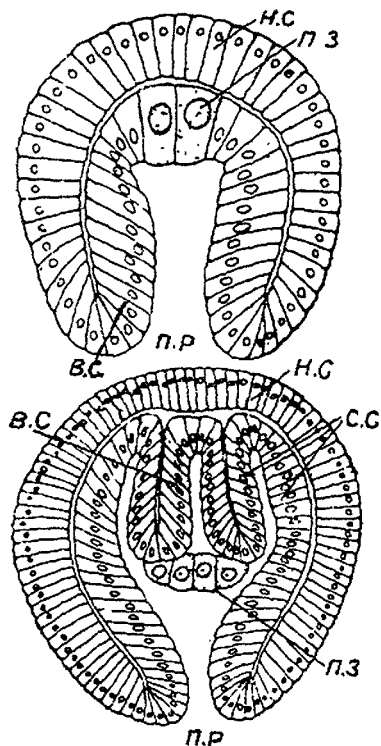


Рис. 59. Образование первичных зачатков у зародыша червя саптиты: 1 — двуслойный зародыш; 2 — зародыш с несколькими первичными зачатками; п.с. — наружный слой; в.с. — внутренний слой; с.с. — средний слой; п.з. — половой зачаток; п.р. — первичный рот.

слоям или первичным зачаткам животных, так как у них нет различия между внешними и внутренними органами, да и главных-то органов, как мы отмечали выше, всего три — корень, стебель и лист. Отчасти благодаря простоте данных процессов изучение этой стороны жизни растений мало привлекало внимание ботаников, и у них нельзя говорить об эмбриологии, как об особой дисциплине, которая играет, напротив, очень важную роль среди различных зоологических дисциплин.

Метаморфоз.

У целого ряда форм вроде человека, высших позвоночных и т. д., когда развитие яйца закончилось, выходящее из него новое существо в общем очень похоже на взрослый организм данного вида и отличается от него лишь меньшими размерами и недоразвитием некоторых органов (в том числе и половых). Однако, у многих других животных дело обстоит совершенно иначе: из яйца выходит молодой организм, отличающийся рядом существенных особенностей от взрослого, почему его и называют личинкой, причем последняя должна проделать ряд изменений или, как говорят, превращений, пока достигнет вида своей взрослой формы. Случаи этого рода называют развитием с превращением или метаморфозом, и здесь, таким образом, к общим для всех многоклеточных организмов дозародышевому и зародышевому периодам развития прибавляется еще третий период — послезародышевого развития.

Типичный пример развития с превращением представляет собою развитие лягушки, изображенное на рис. 60. В каждом яйце или икринке лягушки развивается зародыш (1), который по окончании зародышевого развития покидает яйцо в виде личинки — всем известного головастика (2). В это время он еще не имеет ног, что делает его весьма похожим на маленькую рыбу, да и дышит он, как рыбы, жабрами, помещающимися в виде наружных придатков за головой (3 — ж). Вскоре, однако, наружные жабры исчезают и заменяются внутренними, прикрытыми, как у рыб, особыми крышечками (4 — в.ж.), у головастика вырастают ноги — сперва задние (4), а затем и передние (5), после чего они начинают дышать уже не жабрами, а легкими, как взрослые лягушки. Наконец, эти головастики теряют свои хвосты и выплывают из воды на сушу (6, 7), после чего превращение, или метаморфоз, может считаться законченным.

Подобного рода послезародышевое развитие свойственно самым различным формам и особенно часто встречается у представителей низших типов животного царства — кишечнополостных, иглокожих, червей, моллюсков и других. Для многих групп животного царства та или иная личинка не менее характерна, чем их общий план строения. Так, очень распространенной личинкой в типе кишечнополостных является так называемая планула, состоящая из двух

слоев и покрытая на поверхности ресничками (рис. 46—2); для многих ракообразных чрезвычайно характерна личинка, носящая название науплиуса и имеющая 3 пары ножек и непарный глаз (рис. 61) и т. д.

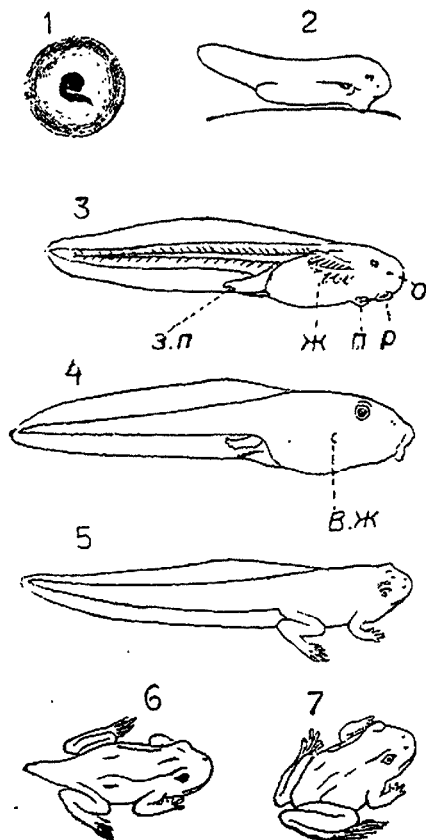


Рис. 60. Развитие лягушки: 1 — зародыш в студенистой оболочке; 2 — головастик освободился от этой оболочки и держится на ней; 3 — головастик с наружными жабрами: о — обонятельное отверстие, р — рот, п — присоски, ж — парные жабры, п.п. — задний проход; 4 — наружные жабры исчезли, видны зачатки задних конечностей, а также отверстие в полость с внутренними жабрами (в.ж.); 5 — появились и передние конечности; 6 — молодой лягушонок с остатком хвоста; 7 — превращение закончено.

наиболее беззащитно от врагов и различных внешних неблагоприятных влияний; кроме того, чем дальше идет развитие в яйце, тем

Метаморфоз свойствен также и насекомым, при чем он бывает выражен у них то более, то менее полно. В одних случаях здесь, как, например, у тараканов, сверчков, клопов и др., из яйца выходит личинка, довольно похожая на взрослую форму, но не имеющая еще крыльев и некоторых других органов, которые постепенно вырастают во время послезародышевого развития. В других случаях — например, у бабочек, жуков, пчел, мух и т. д. — личинка совсем непохожа на взрослую форму и имеет вид многоногого червя (напомним про всем известных гусениц бабочек), и до превращения во взрослое насекомое она должна пройти особую неподвижную стадию куколки (см. рис. 62). Случаи первого рода называют неполным превращением, случаи же второго рода — полным превращением, при чем и то и другое явление широко распространено у насекомых.

Широкое распространение послезародышевого развития или метаморфоза в самых различных группах животного царства — от кишечнополостных до позвоночных — объясняется тем, что он чрезвычайно полезен животному, сокращая его зародышевое развитие, которое в этих случаях заканчивается раньше, чем если бы метаморфоза при этом не было. Дело в том, что во время развития в яйце каждое существо

больше в последнем должно отлагаться питательного материала, что невыгодно и для самки и для самого яйца, делая его слишком большим и заметным. Все эти невыгодные стороны исчезают, если зародышевое развитие оканчивается несколько раньше, и не вполне еще сформированный организм завершает свое развитие при помощи ряда превращений, т.-е. ведя уже свободно-подвижную жизнь.

Выше мы отмечали уже, что на одной из стадий своего зародышевого развития, именно на стадии двуслойного зародыша, все высшие животные напоминают низших из типа кишечнополостных. Этот факт отнюдь не является единичным и подобные ему наблюдаются не раз во время зародышевого развития животных. То же самое приходится отметить и для некоторых случаев послезародышевого развития, о которых мы уже упоминали. Так, в начале своего метаморфоза головастики лягушки и по форме тела и по способу дыхания весьма напоминают представителей низшего класса позвоночных, именно

рыб, а затем они некоторое время сохраняют хвост, которого лишены взрослые лягушки, но который свойствен низшим представителям одного с ними класса, так называемым хвостатым амфибиям (тритоны, саламандры). Многоногие личинки насекомых во многом сходны с другим классом членистоногих животных, так называемыми многоножками, которые по своей организации стоят ниже насекомых. К этим весьма интересным и важным фактам мы должны будем еще вернуться в дальнейшем, когда станут ясны их смысл и значение, а на этом можно и закончить наше рассмотрение главнейших фактов истории развития организмов.

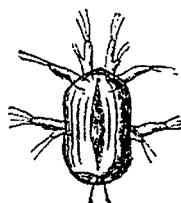


Рис. 61. Личинка ракообразного — науплиус.

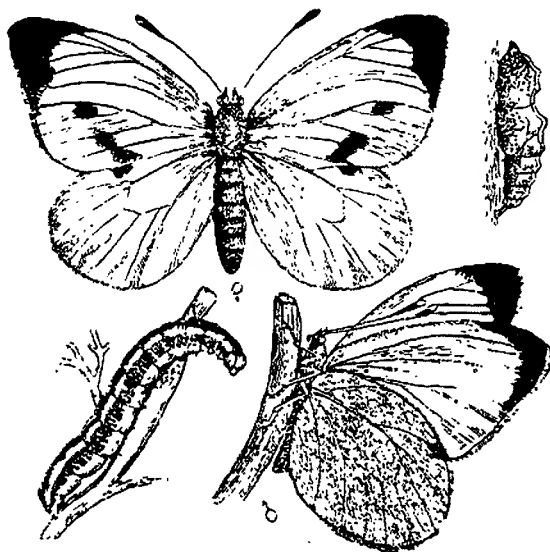


Рис. 62. Бабочка капустница: наверху — самка (♀), внизу — самец (♂), слева внизу — гусеница, справа вверху — куколка.

ГЛАВА ШЕСТАЯ.

Наследственность.

Наследственность. — Умозрительные теории наследственности. — Наследственность приобретенных свойств. — Законы Менделя. — Менделизм. — Закон Менделя и хромозомы. — Определение пола.

Наследственность.

В предыдущей главе мы познакомились с развитием организмов и знаем теперь в общих чертах, как из одноклеточного яйца получается готовая форма. Однако, всем, конечно, известно, что при размножении от родителей к детям передаются не только особенности того вида, к которому они принадлежат, но и ряд более мелких, как говорят, индивидуальных особенностей отца и матери. Это сходство родителей с детьми, а также самый способ передачи этого сходства от одного поколения к другому называется наследственностью.

Явление это принадлежит к числу чрезвычайно распространенных в природе и знакомо каждому по его повседневному опыту, почему обычно оно не привлекает к себе особого внимания. Однако, если глубже вдуматься в него, если представить себе, с одной стороны, как иногда дети бывают сильно похожи на родителей, а с другой, что это сходство передается незначительными по величине яйцами и уже прямо ничтожными по размеру живчиками, то его приходится признать одним из самых чудесных и загадочных в природе.

В чем же здесь дело: каким образом от одного поколения к другому передаются различные особенности — от самых крупных и важных до самых мелких и незначительных? Нет ли каких-нибудь законов, управляющих, как говорят, наследственной передачей различных свойств от родителей к детям?

Умозрительные теории наследственности.

Конечно, ответить на все вопросы, являющиеся у нас, когда мы задумываемся над явлениями наследственности, может только долгое и внимательное исследование. Однако, вопросы эти столь интересны и важны, что не раз делались попытки придумать такое объяснение — или, как говорится, гипотезу, которая сразу бы пролила свет на сущность явлений наследственности.

В самом начале предыдущей главы мы упоминали уже про теорию предобразования, согласно которой никакого раз-

вития в сущности нет, так как будущее существо находится в готовом виде или предобразовано в одном из половых продуктов. Это была одна из самых первых умозрительных теорий наследственности, как их называют: теперь она кажется нам только наивной, но лет 200 тому назад ее придерживались очень видные ученые того времени.

Подобные же умозрительные теории наследственности предлагались не раз и позже. Две наиболее хорошо разработанные из них были предложены двумя крупными немецкими биологами—Нэгели и Вейсманном—всего 40 лет тому назад, и обе эти теории сыграли важную роль при выработке некоторых из наших современных понятий, являющихся для учения о наследственности основными.

И Нэгели и Вейсманн сходятся в том, что в половых клетках, из которых развивается новый организм, имеется особое наследственное вещество, и в нем все свойства этого будущего организма представлены какими-то особыми отдельностями или носителями. Эти носители наследственных свойств организма при развитии последнего определяют собою все его особенности. Благодаря этому наследственное вещество половых клеток должно иметь чрезвычайно сложное строение, которое уже недоступно даже для самых сильных увеличений микроскопа. Самое строение наследственного вещества Нэгели и Вейсманн представляли себе различно, да иначе, конечно, и быть не могло, так как на этот счет можно строить только гипотезы. В частности Вейсманн отстаивал мысль, что именно хроматин половых клеток является их наследственным веществом, и мысль эта, как мы теперь знаем на основании всего изложенного в предыдущей главе, повидимому, совершенно правильна.

Однако, мы напрасно стали бы искать в этих более близких к нашему времени теориях, а вернее гипотезах, какого-либо исчерпывающего ответа на поставленные выше вопросы о сущности явлений наследственности. При разрешении многих важных вопросов последней Нэгели и Вейсманн резко расходились друг с другом, что вполне понятно, раз оба они пытались разрешить все эти вопросы одной стройной теорией, созданной при том чисто умозрительным путем.

Главное значение умозрительных теорий наследственности заключается в том, что они дали, именно благодаря своим разногласиям, толчок к чисто опытным исследованиям по данным вопросам, как это будет видно на следующем примере.

Первый вопрос, на который должно ответить учение о наследственности, это — какие вообще особенности наследуются т.-е. передаются от родителей к детям? Кажется бы, он легко решается в том смысле, что наследуются самые различные особенности но в действительности дело обстоит далеко не так просто

Все особенности, свойственные тем или иным взрослым организмам, можно разделить на две группы: особенности приро-

жденные, т.-е. полученные от родителей, и особенности, приобретенные в течение личной или индивидуальной жизни. Собака, например, получает уже от рождения целый ряд свойственных ей признаков, вроде характерных особенностей ее породы, чутья и многого другого, но затем целый ряд ее качеств вырабатывается дрессировкой. Точно так же мы, люди, наследуем многие из наших личных свойств, как черты лица, известный склад характера и т. д., от наших родителей, другие же наши свойства складываются у нас позже под влиянием тех условий, в которых каждому приходится жить.

Что касается до первой из этих групп, т.-е. свойств прирожденных, то не может быть, конечно, никаких сомнений в их наследственном характере и передаче от одного поколения другому: как мы сами получили их от родителей, так передадим их затем и нашим детям. Иначе обстоит дело по отношению к свойствам, приобретаемым организмами в течение их жизни, и это требует уже особого рассмотрения, при чем мы сталкиваемся здесь с чрезвычайно важной проблемой учения о наследственности—с вопросом о наследственности приобретенных свойств.

Наследственность приобретенных свойств.

Не так давно такого вопроса совсем не существовало, так как большинство молчаливо допускало, что и приобретенные свойства передаются по наследству подобно прирожденным, т.-е. между теми и другими в этом отношении нет особого различия. Точно так же склонен был решать этот чрезвычайно важный вопрос в своей умозрительной теории наследственности и Нэгели. Однако в появившейся одновременно с ней теории наследственности Вейсмана на вопрос этот давался совершенно иной ответ, а именно что приобретенные в течение индивидуальной жизни свойства никогда не наследуются, т.-е. потомство отнюдь не получает того, что было приобретено в свое время родителями.

По этому поводу между Вейсманном, с одной стороны, и сторонниками прежней точки зрения, с другой, завязался оживленный спор, который тянулся довольно долго. Спор этот привел к постановке ряда опытов, которые в конце концов и позволили разрешить его. При этом оказалось, что Вейсманн был в значительной степени прав, и хотя прав, быть может, не вполне, но все же истина лежит гораздо ближе к учению Вейсмана, чем его противников.

Вейсманну прежде всего удалось доказать, что целый ряд приобретенных особенностей безусловно ненаследственен. Сюда относятся, во-первых, всевозможные механические повреждения или калечения организмов, потеря или удаление у них того или иного органа, что на потомстве не отражается совершенно. Вейсманн обрезал, например, у мышей хвосты в течение 22 следующих друг за другом поколений, но ни у одной из мышей, родившихся от

оперированных родителей, не было заметно уменьшения длины хвоста. Затем, существуют известные обряды или обычаи в человеческом обществе, вроде обрезания у евреев, бинтования ног у китайцев, которые производятся в течение еще более длинного ряда поколений, и тем не менее все эти калечения совершенно не отражаются на потомстве, так что передачи механических повреждений по наследству безусловно не происходит.

Столь же мало наследственна, повидимому, и вторая группа приобретенных свойств, именно результаты употребления и неупотребления органов. Совершенно несомненно, что у каждого животного любой орган, если он часто употребляется, увеличивается в размерах и достигает лучшего развития, неупотребление же органа всегда приводит к обратному результату. Однако, все это, будучи очень важно для каждой данной особи, совершенно бесполезно для ее потомства, так как последнее этих результатов употребления или неупотребления органов ее родителями по наследству не получает. Дети человека, чрезвычайно развившего путем постоянного упражнения свою мускулатуру, рождаются с такими же мускулами, как и другие дети, точно так же как дети выдающегося мыслителя получают от него в смысле умственных способностей не более того, что получил он сам от родителей; собака никогда не передает своим щенкам того, что было привито ей дрессировкой, никто не становится более способен к изучению различных языков только оттого, что на них говорили его родители, и т. д.

Словом, относительно тех приобретенных свойств, с которыми приходится иметь дело в повседневной жизни, точка зрения Вейсмана, повидимому, безусловно правильна. Однако, распространять ее на все решительно случаи трудно, так как в настоящее время известны случаи, в которых под влиянием известных внешних воздействий у организмов появлялись особенности, передававшиеся и их потомству.

Так, давно уже было известно, что у бабочек и некоторых других насекомых можно изменить их окраску, если подвергнуть их куколок действию или довольно высокой (выше 40°) или довольно низкой (ниже 0°) температуры. Оказывается, что подобное изменение окраски иногда передается потомству, а иногда нет, при чем суть дела здесь заключается в следующем. На нашем рисунке 63 изображен, прежде всего, нормальный ход развития одного из мелких жуков, служившего объектом для подобных опытов: из яйца его выходит личинка, которая превращается в куколку, а она во взрослого жука (верхний вертикальный ряд I) и крайний горизонтальный слева). Если подействовать повышенной температурой и очень сухим воздухом на куколку этого жука, то окраска его меняется, темные пятна в передней части тела почти исчезают, но это изменение не передается потомству, которое оказывается при этом нормально окрашенным (ряд II). Напротив, если подвергнуть этим условиям только что вылупившегося из куколки жука, то сам он уже не изменяется, но в его потомстве появляется такое же изме-

нение окраски, которое передается и следующим поколениям, т.-е. оказывается наследственным (ряд III). Разгадка данного явления кроется в том, что после вылупления жука из куколки у него происходит созревание половых продуктов, на которые и влияют в это время измененные условия, изменяя тем самым и их, почему это и отражается на потомстве; между тем у куколок половые продукты еще не созрели, и измененные условия на них не отражаются и могут изменить только данную особь.

Такие же результаты были получены и во время других опытов подобного рода, и из них можно сделать следующий вывод. Различного рода влияния внешних условий на организмы и тем самым приобретенные последними свойства могут носить двойной характер. Одни из них — и таких громадное большинство — отражаются на той или иной части тела данного организма, но не доходят до его

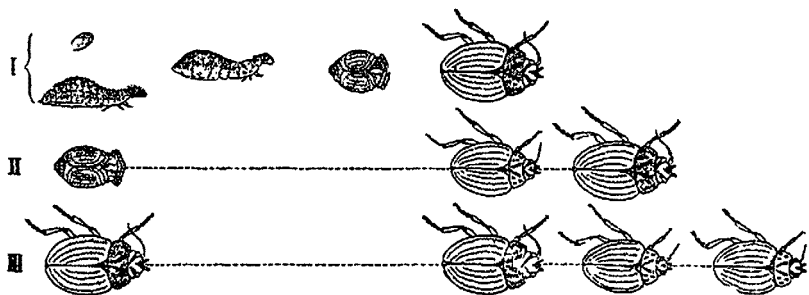


Рис. 63. Опыты с влиянием температуры на колорадского жука: I — нормальное развитие, II — результат влияния повышенной температуры на куколку, III — результат влияния ее на вылупившегося жука.

половых клеток, в которых скрыты свойства всех будущих поколений, не отражаются на этих клетках, почему данные изменения и приобретенные свойства не наследственны, — таковы механические повреждения, результаты упражнения и неупражнения органов и многие другие. Напротив, другие влияния, идущие извне, оказываются более сильными, а вызванные ими новые особенности более глубокими, так как при этом затрагивается не только тот или иной участок тела данного организма, но и его половые клетки, почему эти особенности могут быть переданы потомству.

Впрочем, случаи последнего рода требуют уже такого сильного воздействия внешних условий на организм, что они скорее возможны в искусственных условиях опыта, чем в действительной жизни. С другой стороны, существуют серьезные основания, заставляющие сомневаться, действительно ли при этом возникают новые наследственные свойства. Многими исследователями высказывается убеждение, что приобретенные таким путем свойства все же исчезают у организмов через несколько поколений, как исчезают, например, в конце концов у потомков прирученных животных, которые снова дичают, результаты одомашнения, или как исчезают обычно послед-

ствия перенесенных неблагоприятных условий, отразившихся и на потомстве. За последнее время накапливается все больше и больше подобных данных и все это показывает, что отрицательное отношение к наследственности приобретенных свойств в громадном большинстве случаев гораздо ближе к истине, чем обратная точка зрения, что и делает для учения о наследственности интересными главным образом прирожденные свойства.

Законы Менделя.

Каковы, однако, те законы, которые управляют передачей по наследству прирожденных свойств? Умозрительные теории наследственности в свое время не могли дать никакого ответа на этот вопрос. Между тем эти законы были открыты еще в 1865 году скромным монахом одного австрийского монастыря Грегором Менделем, но его работа в свое время не обратила на себя внимания, и лишь в 1900 году это открытие заинтересовало нескольких крупных ученых, и с тех пор оно становится широким достоянием науки.

Исследования Менделя касаются так называемых гибридов или помесей у некоторых растений. Помесью или гибридом называют ту форму, которая получается от скрещивания друг с другом двух различных форм, чем бы последние ни отличались между собой. Иногда такие гибриды получаются и между различными видами (укажем на мула или помесь лошади и осла, на гибридов собаки и волка, курицы и фазана и т. д.), но случаи этого рода сравнительно редки, а, главное, такие гибриды по большей части бесплодны, и не дают сами потомства. Гораздо чаще получаются помеси между особями одного и того же вида, отличающимися друг от друга некоторыми особенностями, не настолько сильными, чтобы считать их за различные виды, но все же хорошо заметными, так что их относят к особым низшим подразделениям вида, называемым породами (у домашних форм) или разновидностями (у диких). Каждое из наших домашних животных или культурных растений, представляющее из себя один единственный вид, распадается, однако, на довольно большое число различных пород, хорошо знакомых каждому, и представители этих пород постоянно скрещиваются друг с другом, давая при этом вполне плодovитое потомство. Результаты таких скрещиваний, т.-е. помеси между породами, расами или сортами одного вида, чрезвычайно пригодны для изучения законов, управляющих передачей по наследству различных прирожденных свойств, так как в этих случаях родители несколько отличаются ими друг от друга и за судьбой данных особенностей легче можно проследить у потомства.

Мендель ставил свои опыты, главным образом, с обыкновенным горохом, который имеет очень большое число различных сортов, отличающихся друг от друга самыми разнообразными особенностями: окраской цветов и семян, формой семян и бобов, расположением

цветов на стебле, длиной последнего и пр. При этом одни сорта гороха отличаются друг от друга только одним из таких признаков, другие — двумя, тремя и даже более, так что можно постепенно переходить от случаев более простых к более сложным, что представляет, конечно, большое удобство.

Если начать с самого простого случая — скрещивания растений, отличающихся друг от друга какой-нибудь одной особенностью, то оказывается, что получающаяся при этом помесь между ними отнюдь не обнаруживает смешения признаков родительских форм, а обыкновенно получает признак какой-нибудь одной из них, противоположная же ему особенность у потомства не проявляется вовсе. Так, если скрестить (путем переноса пыльцы с одного растения на другое) горох с окрашенными и горох с белыми цветами, то получающаяся при этом помесь имеет только окрашенные цветы; от скрещивания горохов с желтыми и с зелеными семенами получают лишь желтые семена; помесь гороха с длинным и гороха с коротким стеблем имеет всегда длинный стебель и т. д. Таким образом, одни признаки исходных или родительских форм преобладают в потомстве над другими, за что их и называют преобладающими или доминирующими, а противоположные им, которые исчезают в первом поколении помесей, — отступающими или рецессивными. В этом и состоит первый закон или, лучше сказать, правило Менделя — правило преобладания, которое гласит, что в первом поколении помесей или гибридов проявляются лишь доминирующие особенности родителей, противоположные же им рецессивные особенности исчезают *).

Однако, все это относится только к первому поколению помесей. Если получить от них второе и следующие поколения, то мы столкнемся с новым явлением: оказывается, что здесь появляются особи не только с доминирующими, но и с рецессивными признаками, исчезнувшими было совсем в первом поколении. При этом число растений с теми и другими оказалось в опытах Менделя довольно постоянным: именно, форм с преобладающими особенностями было обыкновенно в три раза больше, чем форм с отступающими, — например, на три гороха с окрашенными цветами приходился в среднем один с белыми или, если дело шло об окраске семян, то желтых оказывалось примерно в три раза больше, чем зеленых и т. д. Это явление возникновения во втором поколении помесей не только доминирующих, но и рецессивных признаков получило название расщепления, почему и закон, управляющий последним, носит название закона расщепления. Он связы-

*) Это явление лучше называть только правилом, а не законом, так как из него известны у некоторых форм и исключения: иногда преобладание имеет место в очень ослабленном виде — например, красная и белая форма дают розовую или черная и белая голубую, так что получается нечто промежуточное между родителями.

вается не только во втором, но и в следующих поколениях гибридов.

Какова же, однако, дальнейшая судьба всех этих особей второго поколения как с доминирующими особенностями, так и с рецессивными, число которых во втором поколении выражается всегда отношением 3:1? Опыты Менделя показали, что они разделяются на две равных и резко отличающихся друг от друга группы; все рецессивные формы ($\frac{1}{4}$ общего количества) и треть доминантных (тоже $\frac{1}{4}$ общего количества), т.-е. половина всех форм второго поколения, далее уже не расщепляется, производя во всех следующих поколениях лишь подобные себе формы. Напротив, в потомстве двух других третей доминантных форм ($\frac{1}{2}$ общего количества),

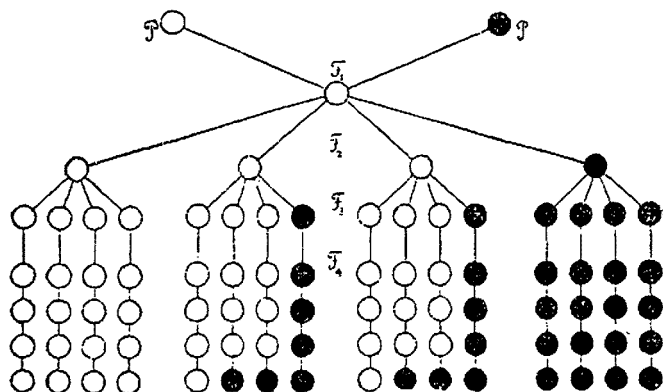


Рис. 64. Скрещивание формы с доминирующим (светлый) и формы с рецессивным (темный) признаками: P — родители, F_1 — первое поколение, F_2 — второе поколение, F_3 — третье поколение, F_4 — четвертое поколение.

происходит снова такое же расщепление на 3 доминантные и 1 рецессивную форму, какое имело место и во втором поколении, и это продолжается и дальше, во всех следующих поколениях гибридов. Наглядно все это показано на рис. 64, изображающем ход наследования доминирующего (светлый) и рецессивного (темный) признака в четырех поколениях помесей от скрещивания подобных форм (F_1 , F_2 , F_3 , F_4). Эта схема и выражает наиболее наглядно закон расщепления, из которого не только в опытах Менделя, но и во всех произведенных до сих пор не наблюдалось никаких исключений, так что его вполне можно считать настоящим законом природы. Рис. 65 изображает, например, уже не схему, а истинный ход скрещивания двух рас улитки, где мы видим совершенно те же отношения.

До сих пор мы имели дело только с тем более простым случаем, когда отличия исходных форм касались какой-нибудь одной особенности. Однако обе законности, открытые Менделем, оказы-

заются вполне приложимыми и ко всем более сложным случаям, прослеженным им также на горохах и других растениях, у которых исходные формы отличались двумя, тремя и более особенностями. Первое поколение их и при этом, согласно правилу преобладания, имеет только доминирующие признаки, во втором же и в следующих появляются снова как формы с доминирующими, так и формы

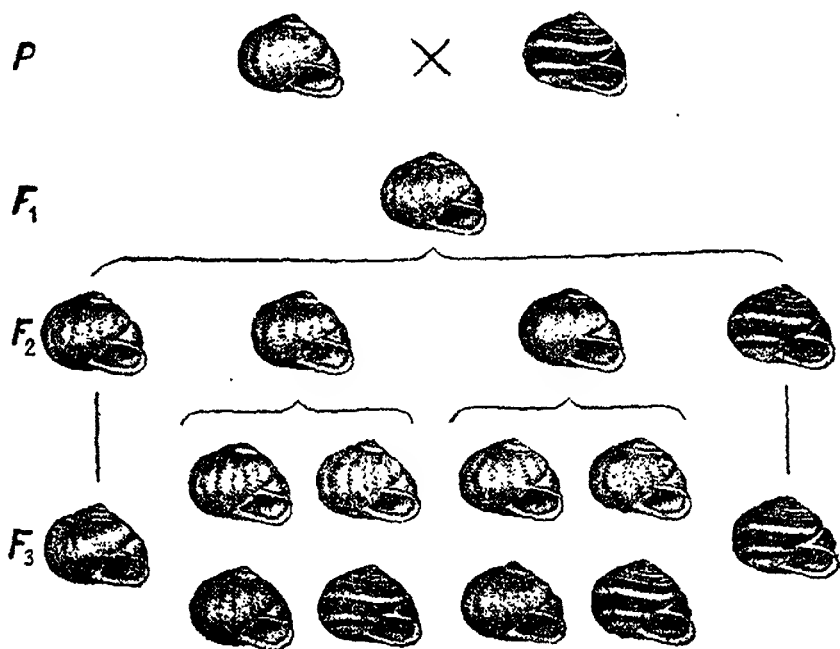


Рис. 65. Скрещивания двух рас виноградной улитки: у одной раковина без полос (доминирующий признак), у другой полосатая (рецессивный признак); значение букв, как на рис. 64.

с рецессивными признаками в определенном численном отношении друг к другу, при чем часть этих форм и далее расщепляется, а другая часть нет.

Возьмем, например, горох с красными цветами и круглыми семенами зеленого цвета и скрестим его с горохом, имеющим белые цветы и желтые семена неправильной формы (морщинистые). Из этих особенностей доминирующими являются красная окраска цветов и желтая семян, а также круглая форма последних, и, согласно правилу преобладания, только эти признаки и появляются в первом поколении гибридов, которое, таким образом, получает одни особенности от одной родительской формы, а другие от другой, являясь как бы промежуточной между ними. Во втором поколении этих помесей наступает довольно сложное расщепление, так как кроме

растений с доминирующими признаками (красные цветы, желтые и круглые семена) появляются растения частью с доминирующими, частью с рецессивными особенностями (белые цветы, желтые и круглые семена — красные цветы, зеленые и круглые семена — красные цветы, желтые и морщинистые семена — белые цветы, зеленые и круглые семена — белые цветы, желтые и морщинистые семена — красные цветы, зеленые и морщинистые семена), и, наконец, растения только с рецессивными признаками (белые цветы, зеленые и морщинистые семена). Словом, здесь возникают все возможные комбинации из особенностей исходных форм. Однако, если подсчитать при этом все эти растения, то окажется, что растений с красными цветами будет в 3 раза больше, чем с белыми, растений с желтыми семенами в 3 раза больше, чем с зелеными, и растений с круглыми семенами также в 3 раза больше, чем с морщинистыми.

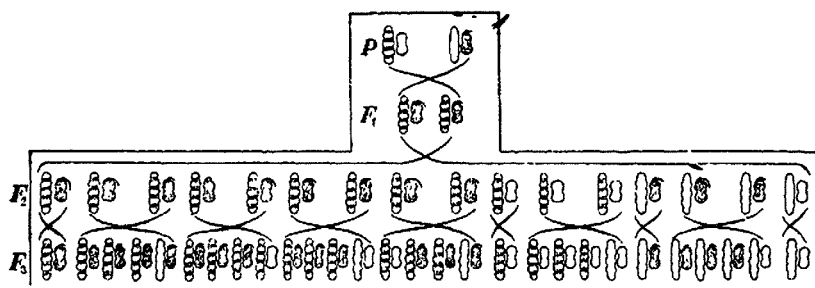


Рис. 66. Скрещивание двух рас шелковичного червя, отличающихся окраской гусеницы (полосатая — без полос) и кокона (желтый — белый); F_1 , F_2 , F_3 — первое, второе, третье поколение помесей.

т.-е. расщепление на доминантные и рецессивные формы происходит и здесь в отношении 3:1.

В этом заключается третья законность, открытая Менделем — закон независимости признаков, который гласит, что если исходные формы отличаются друг от друга несколькими особенностями, то при расщеплении, начиная со второго поколения помесей, каждая пара признаков ведет себя так, как будто бы других кроме нее не было. Эти три закона — преобладания, расщепления и независимости признаков — и управляют самыми разнообразными скрещиваниями как в растительном, так и в животном царстве.

Возьмем еще один пример из области последнего, именно скрещивание двух пород шелковичной бабочки (произведенное уже не Менделем, а значительно позже него), которое изображено на рис. 66. У одной из этих пород гусеница полосатая и кокон, заключаю-

ций куколку (из таких коконов, как известно, и готовят шелк), белый, у другой породы гусеница не имеет полос и кокон желтый. Доминирующими признаками здесь являются полосатость гусеницы и желтая окраска кокона, и именно таковы и оказываются все особи первого поколения данной помеси (F_1 на рисунке). Если же получить от них и второе поколение (F_2), то в нем произойдет расщепление на четыре группы форм, среди которых полосатых гусениц будет в 3 раза больше, чем лишенных полос, и желтых коконов в 3 раза больше, чем белых. Одни из этих форм будут расщепляться и дальше, в третьем поколении (F_3), другие же остаются постоянными (см. рисунок).

Таким образом, путем скрещивания можно зачастую получать новые комбинации из особенностей исходных форм, как в последнем примере были получены бабочки с полосатыми гусеницами и желтым коконом и с гусеницами без полос и белым коконом. Иногда, когда дело идет о важных в хозяйственном отношении особенностях наших домашних животных и культурных растений, это может иметь очень важное значение.

Отчего же, однако, происходит это расщепление на доминантные и рецессивные формы в отношении 3:1, которое лежит в основе всех явлений скрещивания? Для объяснения этого Мендель должен был допустить, что, хотя каждая помесь получает от одного родителя зачаток одного свойства, а от другого — зачаток другого (причем обыкновенно проявляется только один из них), но в половых клетках помесей, которые, согласно всему изложенному выше, являются носителями или передатчиками наследственных свойств, отнюдь не происходит смешения родительских особенностей, а эти клетки и у гибридов, как и у чистокровных форм, напротив, остаются чистыми. Это значит, что, например, горох, происходящий от растения с желтыми и растения с зелеными семенами, получает от родителей зачатки обоих этих цветов, хотя его собственные семена по правилу преобладания имеют желтый цвет. Однако, при образовании половых клеток у такого гибрида в них оба этих зачатка разделяются по различным клеткам, и одни из его половых клеток имеют способность давать лишь горохи с желтыми семенами, а другие, напротив, могут производить лишь горохи с зелеными семенами. Во время оплодотворения происходят различные соединения половых клеток: если мы назовем один сорт их для краткости желтым, а другой — зеленым, то при этом, очевидно, возможны четыре различных случая, а именно могут встретиться:

желтая от матери и желтая от отца,
желтая от матери и зеленая от отца,
зеленая от матери и желтая от отца,
зеленая от матери и зеленая от отца.

Так как доминирующая особенность всегда прикрывает рецессивную, то в первых трех случаях получится горох с желтыми

семенами, а в последнем — с зелеными семенами, т.-е. возникает типичное расщепление на 3 доминантных и одну рецессивную форму. Далее, если особь происходит от встречи двух одинаковых половых клеток (желтой и желтой или зеленой и зеленой), то она в дальнейшем уже не расщепляется, являясь чистой формой, если же она получается в результате соединения различных половых клеток (желтой и зеленой), то она продолжает быть сама помесью или гибридом и должна расщепляться в следующем поколении. Вот почему половина всех особей второго поколения гибридов ($\frac{1}{4}$ — доминантные и $\frac{3}{4}$ — рецессивные) далее не расщепляются, другая же половина их ($\frac{2}{4}$ — доминантные) расщепляются и в третьем поколении в том же самом отношении — 3:1. Так это предположение Менделя или, как говорится, его гипотеза о чистоте половых клеток гибридов вполне объясняет все явления расщепления, которые без этого были бы совершенно непонятны.

Упомянем здесь же, что всякую чистую, далее не расщепляющуюся, форму, происходящую от соединения одинаковых половых клеток, называют гомозиготной, а форму, происходящую от соединения различных половых клеток, с наклоном к расщеплению — гетерозиготной. Зиготой вообще называется продукт соединения двух половых клеток; отсюда гомозигота — продукт соединения одинаковых клеток, а гетерозигота — продукт соединения различных клеток. Таким образом, гипотеза чистоты половых клеток Менделя гласит, что у всякого гибрида, т.-е. гетерозиготы, зачатки различных особенностей, полученные от родителей, распределяются по различным половым клеткам, отчего последние у гетерозиготных форм так же чисты, как и у гомозиготных.

Для проверки справедливости этой гипотезы попробуем, исходя из нее, предсказать, что получится, если помесь, т.-е. гетерозигота, скрестится не с ей подобной же формой, как было во всех приведенных до сих пор примерах, а с одной из исходных, т.-е. гомозиготных форм. Согласно гипотезе Менделя, у гибридного гороха от растений с желтыми и с зелеными семенами половина его половых клеток имеет склонность производить горохи с желтыми и другая половина — горохи с зелеными семенами, т.-е. половых клеток имеется два сорта. У чистых горохов, напротив, половые клетки всегда одного сорта — или с наклоном к производству горохов с желтыми семенами или с наклоном к производству горохов с зелеными семенами. Значит, если гетерозиготный горох скрещивается с гомозиготным желтым, то должны быть встречи таких половых клеток:

желтая от гибрида с желтой от чистой формы,
зеленая от гибрида с желтой от чистой формы.

Очевидно, все потомство получит желтые семена, но половина его будет чистая, более не расщепляющаяся, т.-е. гомозиготная, как желтая исходная форма, другая же половина (из различных половых

клеток) будет иметь наклонность к расщеплению, т.-е. окажется гетерозиготной, как гибридный горох.

Точно также при скрещивании гетерозиготного гороха с гомозиготным зеленым возможны соединения таких половых клеток:

желтая от гибрида с зеленой от чистой формы,
зеленая от гибрида с зеленой от чистой формы.

Очевидно, половина потомства будет иметь желтые семена и наклонность к расщеплению, т.-е. будет гетерозиготной, как гибрид,

другая же половина — зеленые семена без этой наклонности, как у исходной гомозиготной формы.

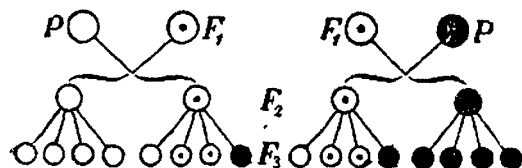


Рис. 67. Схема скрещивания гибрида с исходной формой.

Мы видим отсюда, что при скрещивании гибрида с любой из исходных чистых форм, если справедлива гипотеза Менделя, должно происходить расщепление на две группы

особей — как гибрид и как исходная форма — в равном отношении 1:1. Так всегда в действительности и бывает, и оба этих случая изображены схематично на нашем рис. 67, при чем на нем все обозначения такие же, как на рис. 64, только доминантные и далее расщепляющиеся гетерозиготные формы обозначены светлым кружком с черной точкой внутри, чтобы показать скрытый в их половых клетках рецессивный зачаток.

Менделизм.

Знакомство с законами Менделя, которое произошло только в 1900 году, через 35 лет после их открытия, дало мощный толчок особому направлению в биологии, насыщему название менделизма. Последний изучает опытным путем образование помесей между различными формами и является основой всего современного учения о наследственности. С тех пор различными исследователями произведено громадное количество скрещиваний как животных, так и растений, и во всех этих опытах законы Менделя нашли себе блестящее подтверждение. Первоначально многие склонны были думать, что эти законы приложимы далеко не ко всем, а только к некоторым случаям скрещиваний; так предполагал, между прочим, и сам Мендель. Однако последующие исследования показали, что область, охватываемая данными законами, необыкновенно широка и, повидимому, в той или иной форме им подчинены все случаи скрещиваний и наследственной передачи различных особенностей, так как исходные или родительские формы всегда несколько отличаются друг от

друга, и всякая особь в сущности является помесью или гибридом, т.-е. представляет из себя гетерозиготную форму.

На тех примерах, с которыми мы имели дело выше (у горохов, шелковичной бабочки), дело шло о чисто внешних особенностях, касающихся окраски или формы, вообще их строения. Так же наследуются и другие анатомические различия всевозможных организмов, но помимо них законам Менделя подчинены и их физиологические особенности, и многие патологические (т.-е. носящие ненормальный, болезненный характер), и даже некоторые химические.

Так, у некоторых растений двулетнее состояние при скрещиваниях доминирует над однолетним, и затем наступает расщепление, т.-е. эти особенности следуют законам Менделя или, как говорят, менделируют. Менделирующим признаком является и другой физиологический признак — число откладываемых яиц у кур. Различные породы кукурузы отличаются друг от друга рядом химических особенностей: большим или меньшим содержанием сока, количеством белка, жира, углеводов, и эти особенности при скрещиваниях тоже следуют законам Менделя. Что касается до патологических особенностей, то менделирование их установлено, главным образом, у человека, многие болезни которого являются наследственными или прироченными, в отличие от другой группы их — приобретенных. К таким наследственным болезням относятся, например, сахарная болезнь или диабет, многие глазные и кожные болезни, эпилепсия и слабоумие и некоторые другие душевные болезни, а также целый ряд уродств — короткопалость, заячья губа, цветная слепота и пр. Одни из них являются доминирующими и проявляются при браке здорового лица с больным уже в первом поколении их потомков, другие же, напротив, рецессивны (как, например, эпилепсия) и исчезают в таких случаях у детей, но проявляются у внуков или правнуков. Некоторые другие уже нормальные особенности человека в роде цвета глаз, волос, кожи и многих чисто духовных способностей (например, музыкальный и артистический талант и т. п.) также вполне следуют тем же менделевским законам.

Конечно, многие из этих случаев отличаются значительной сложностью и для выяснения их потребовалась довольно продолжительная работа. Точно также и к тем основным законностям, которые были открыты в свое время Менделем, сделан ряд довольно существенных добавлений, однако, не смотря на последние, основная сущность законов Менделя остается и по сие время неизменной.

Мы не можем, конечно, останавливаться здесь на более новых данных менделизма, так как это заняло бы слишком много места. Приведем, однако, один-два примера из этой области, чтобы показать, насколько расширилось теперь наше знакомство с явлениями наследственности и, главное, понимание их.

Во многих случаях бывает, что расщепление не идет так просто, как в тех случаях, с которыми имел дело Мендель. Мы скрещиваем, например, серого кролика с белым и ожидаем получить во втором поколении на 3 серых одного белого, между тем кроме них

появляются почему-то и черные. Или при скрещивании, скажем, пшеницы с красными и пшеницы с белыми зернами во втором поколении появляются и краснозерные и белозерные растения, но не в отношении 3:1, а в отношении 15:1.

Однако, все это отнюдь не исключения из законов Менделя (из истинных законов природы исключений не бывает!), а только несколько более сложные их случаи. Дело в том, что иногда исходные формы отличаются по внешности одним признаком, а настоящих, внутренних, т.-е. наследственных различий на самом деле оказывается два или даже больше. Вообще говоря, приходится принять, что внешним особенностям организма отвечают в его половых клетках особые внутренние свойства, или, как их теперь часто называют, факторы. Так вот иногда наружному признаку отвечает один же внутренний наследственный фактор (как во всех более простых случаях), а иногда два или даже несколько факторов.

Особенно часто несколько факторов вызывают одну наружную особенность при образовании окрасок или мастей у наших домашних животных. Так, изучение скрещиваний у лошадей показывает, что у них рыжая масть зависит от одного единственного фактора, в образовании вороной масти участвуют уже два, в образовании гнедой — три, а буланая и серая масть зависят от еще большего числа факторов. Поэтому, если дело идет о потомстве помесей между рыжей и гнедой или рыжей и серой лошадей, то неправильно было бы ждать появления во втором поколении только обеих исходных мастей в отношении 3:1. Напротив, в первом случае здесь кроме рыжих и гнедых могут появиться и вороные, а во втором кроме рыжих и серых — вороные и гнедые.

Там, где все эти отношения наружных признаков организма и его внутренних факторов хорошо изучены, можно даже составлять наследственные формулы для различных особенностей, обозначая отдельными буквами те внутренние факторы, которые участвуют в образовании последних. Подобные формулы во многом напоминают те химические формулы, которыми давно уже пользуются для обозначения состава различных веществ. Несколько упрощая дело, можно сказать, например, что наследственная формула рыжей лошади будет P , вороной — PB , гнедой — PBG , буланой — $PVBG$, при чем под каждой буквой разумеется особый фактор, выяснение которого возможно лишь при изучении явлений скрещивания.

Точно также, если мы сталкиваемся вместо обычного отношения 3:1 с каким-нибудь иным — хотя бы 15:1, то дело объясняется тем, что здесь было замешано несколько наследственных факторов, вызывавших всего одну наружную особенность. Бывает и так, что от одного наследственного фактора могут зависеть два внешних признака; например, белые мыши, кролики, крысы имеют и белую шерсть и красные глаза, но это всего один наследственный признак, в образовании его участвует всего один наследственный фактор.

Закон Менделя и хромосомы.

Незаменимую помощь при разборе всех этих более сложных случаев менделизма оказывает уже известная нам гипотеза Менделя о чистоте половых клеток. Укажем в заключение, каким образом можно связать эту гипотезу Менделя с теми данными о хромосомах, как о носительницах наследственных свойств, с которыми мы познакомились при разборе явлений развития организмов (стр. 98). Примем при этом, что каждое приращенное или наследственное свойство, иначе говоря, обуславливающий его фактор, заключено

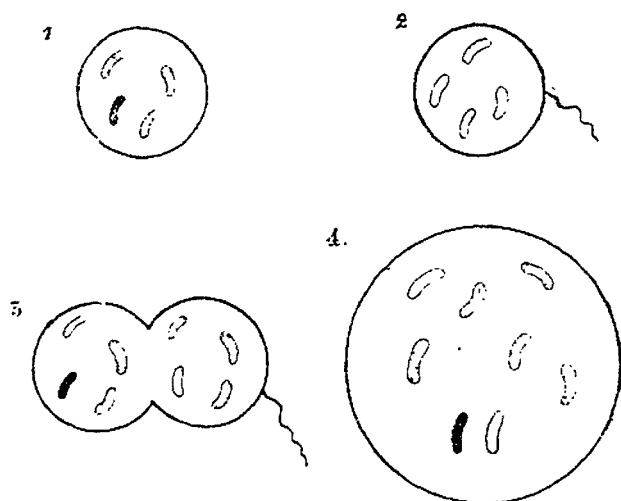


Рис. 68. Отношение хромосом при скрещивании двух форм.

в той или иной хромосоме половых клеток, и посмотрим, как с этой точки зрения можно представить себе весь ход скрещивания в его наиболее простом случае.

Предположим, мы скрещиваем черную и белую породу какого-нибудь организма, у которого клетки тела содержат по 8 хромосом, а зрелые половые продукты только по 4, при чем черный цвет доминирует над белым. Самка принадлежит к черной породе, и этот признак передается одной из хромосом, обозначенной на рис. 68 черным цветом, самец же белый, и данная особенность передается белой (не пунктированной) хромосомой. На том же рисунке цифрой 1 обозначено яйцо родительской формы с доминирующей особенностью и черной хромосомой, цифрой 2 — сперматозоид другого родителя с рецессивным признаком и белой хромосомой, 3 — изображает оплодотворение данного яйца этим живчиком, 4 — состав хромосом

у получившегося гибрида. Рис. 69 изображает ход созревания половых клеток у последнего, при чем здесь аналогичные друг другу хромозомы, полученные им от матери и от отца, в том числе черная и белая, сперва сходятся друг с другом (1), а затем, благодаря знакомой уже нам редукции, распределяются по различным клеткам (2 и 3), и в результате этого из каждой материнской клетки спер-

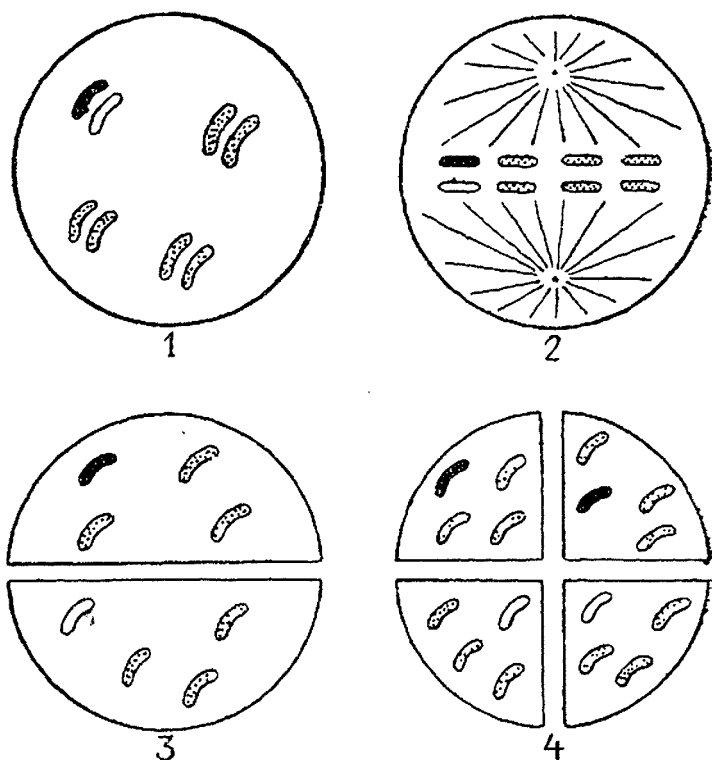


Рис. 69. Отношение хромозом при созревании половых клеток у гибрида первого поколения.

матозоидов или яиц получается по 4 половых продукта с половинным числом хромозом. Среди последних два имеют по 3 пунктированных хромозомы и по одной черной, и два по 3 пунктированных же и по одной белой хромозоме (4). Получается как раз то, что предполагается менделевской гипотезой чистоты половых клеток: половина последних у гибрида заключает в себе в скрытом виде доминирующий признак (черную хромозому), другая же половина — рецессивную особенность (белую хромозому). Наконец, на рис. 70

изображены те четыре возможных сочетания половых клеток, которые имеют место при половом акте у таких гибридов первого поколения и которые приводят к расщеплению во втором поколении их на 3 черных и 1 белую форму. Таким образом, между хо-

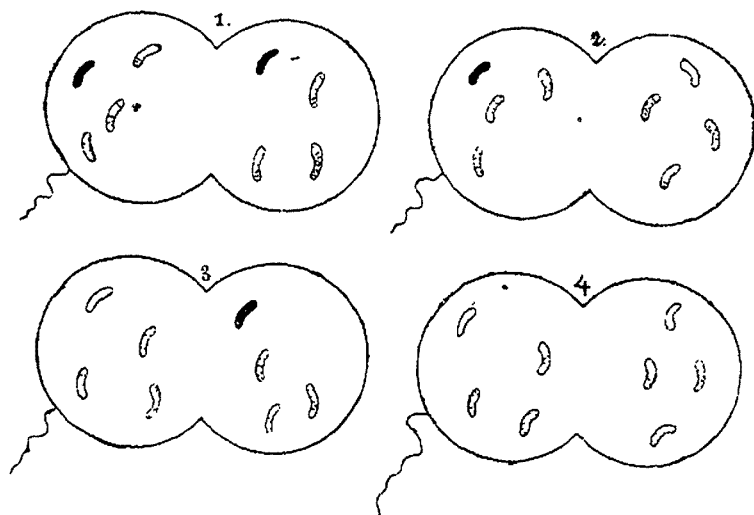


Рис. 70. Четыре возможных сочетания половых клеток гибридов первого поколения: 1 — черн. и черн., 2 и 3 — черн. и бел., 4 — бел. и бел.

дом наследования по Менделю и данными относительно процессов созревания, оплодотворения и судьбы при этом различных хромосом имеется несомненная связь, которая доказывает, что учение о наследственности и учение о хромосомах находятся на верном пути.

Определение пола.

Особенно ясно эта связь выступает в вопросе о причинах возникновения того или иного полового состояния, т.е. происхождения в одних случаях самки, а в других самца. Этот вопрос, или проблема определения пола, как его обычно называют, до знакомства с законами Менделя оставался совершенно загадочным, хотя по поводу его высказывались даже не десятки, а сотни гипотез. Лишь после вторичного открытия законов Менделя была сделана попытка свести наследование пола на преобладание одного полового состояния (мужского или женского) над другим с последующим расщеплением этих признаков, вытекающим из гипотезы чистоты половых клеток, отчего и получаются в одних случаях самцы, а в других самки. Поставленные для проверки этого предположения специальные опыты над довольно сложными случаями

наследственности вполне подтвердили его правильность, так что в настоящее время эта проблема может считаться в значительной степени разрешенной.

Дело в том, что у громадного большинства организмов число самцов приблизительно равно числу самок. Между тем мы видели выше, что при скрещивании гибрида с одной из исходных форм, т.-е. гетерозиготной формы с гомозиготной, получается то же самое, именно — появляются обе этих формы в отношении 1:1 (см. рис. 67). Отсюда возникла мысль, что один из полов является всегда гетерозиготным и возникает при встрече половых клеток с различными зачатками пола, другой же гомозиготен и возникает при соединении одинаковых в этом отношении половых клеток. Примем, например, что гетерозиготен мужской пол — тогда самцы должны производить два сорта живчиков: с наклоном к образованию самцов („мужские“ живчики) и с наклоном к образованию самок („женские“ живчики), а самки, как гомозиготные формы, будут производить лишь один сорт яиц („женские“ яйца). Очевидно, при этом в каждом поколении будут происходить такие встречи половых клеток:

„мужской“ живчик и „женское“ яйцо
„женский“ живчик и „женское“ яйцо.

В результате от первого соединения снова получатся гетерозиготные в половом отношении самцы, у которых мужское начало доминирует над женским, а при втором соединении — гомозиготные в половом отношении самки, при чем количество тех и других должно быть равно одно другому.

Специальные исследования по этому вопросу показали, что именно так и обстоит дело у некоторых организмов — например, у человека и млекопитающих, тогда как у других (например, у птиц, бабочек) гетерозиготным полом является женский, и образуется не два сорта живчиков, а два сорта яиц („мужские“ и „женские“ яйца) с доминированием женского начала, а все живчики имеют мужскую тенденцию. Очевидно, у этих организмов в каждом поколении происходят такие встречи половых клеток:

„мужское“ яйцо и „мужской“ живчик
„женское“ яйцо и „мужской“ живчик,

при чем в первом случае получается самец, а во втором — самка.

Еще более интересно, что эти отношения находят свое отражение и в хромосомах. При детальном изучении их у различных организмов удалось установить, что среди хромосом имеется одна пара, несколько отличающаяся у различных полов, почему им и было дано название половых хромосом. В тех случаях, где, как у человека и млекопитающих, гетерозиготен мужской пол, самки имеют в клетках своего тела по две половых хромосомы, а все яйца благодаря редукции получают из них по одной. Напротив, каждая клетка тела самца имеет только одну такую половую хро-

мозому, а среди живчиков возникают два сорта — с этой хромозомой („женские“ живчики) и без нее („мужские“ живчики). Если яйцо оплодотворяется живчиком с половой хромозомой, то получается организм с двумя половыми хромосомами, т.-е. самка, а если яйцо оплодотворяется живчиком без половой хромозомы, то получается форма с одной половой хромозомой, т.-е. самец.

Все эти отношения ясно выступают, если их проследить у какого-нибудь одного объекта, например, у человека, как это сделано на рис. 71. У человека имеется 48 хромосом, но это число наблю-

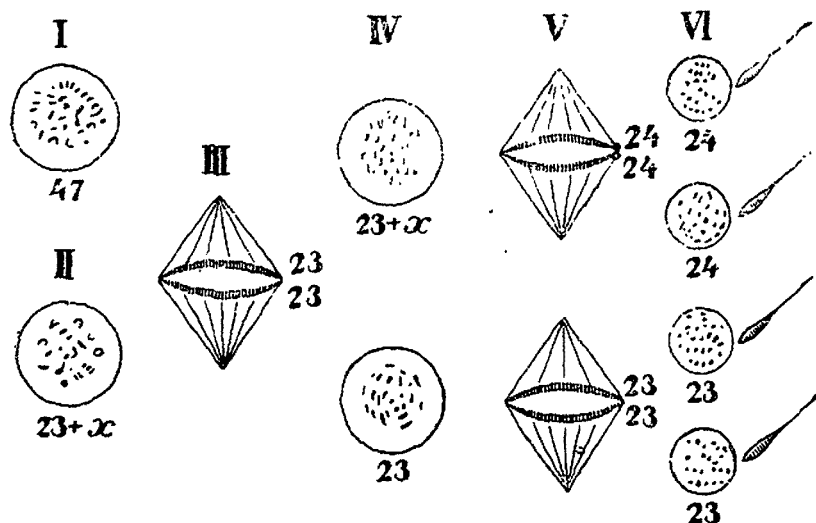


Рис. 71. Развитие живчиков у человека. I — материнская клетка сперматозоидов; II — соединение аналогичных хромосом попарно; III — V — редукция числа хромосом; VI — четыре получающихся из материнской клетки сперматозоида (два верхних — „женские“, два нижних — „мужские“). Цифры обозначают число хромосом, X — половая хромосома

дается лишь в клетках тела женщины, и все яйца имеют по 24 хромозомы (23 простых и 1 половая). У мужчины в клетках тела уже не 48, а 47 хромосом, и половина живчиков имеет 24 хромозомы (23 простых и 1 половая), а другая половина их только по 23 (простых) хромозомы (см. рис. 71). В зависимости от того, какой из живчиков попадет в яйцо („мужской“ с 23 хромосомами или „женский“ с 24), оплодотворенное яйцо и дает мальчика или девочку. Конечно, там, где гетерозиготен не мужской, а женский пол, как у птиц и бабочек, все отношения половых хромосом обратные. При этом те сложные случаи наследования, разбор которых приводит к установлению гетерозиготности одного пола и гомозиготности другого, вполне совпадают и с этими данными, касающимися половых хромосом.

Подробный разбор этого интересного вопроса завел бы нас однако очень далеко, так как он отличается уже довольно большой сложностью, и мы можем здесь лишь упомянуть о такой связи между чисто опытным исследованием помесей и чисто микроскопическим изучением известных отношений в половых клетках. Тем не менее даже и без этого совершенно ясно, как далеко ушла вперед биология за последние 30—40 лет в области изучения явлений развития и наследственности благодаря возникновению в ней учения о хромосомах и менделизма.

ГЛАВА СЕДЬМАЯ.

Отношения организмов друг к другу и к окружающей среде.

Экология. — Половой диморфизм. — Полиморфизм. — Симбиоз. — Паразитизм. —
Отношения между цветами и насекомыми. — Насекомоядные растения. — Организмы
и окружающая среда. — Сезонный диморфизм. — Покровительственная окраска. —
Географическое распространение животных и растений.

Экология.

До сих пор, говоря о строении организмов, их отправлениях и, наконец, явлениях развития и наследственности, мы имели в виду лишь те или иные организмы в отдельности и не касались совершенно бесконечного количества нитей, которые связывают их друг с другом и с окружающей средой. В настоящее время изучение этой интереснейшей области взаимоотношений живых существ сложилось в целую дисциплину, называемую экологией, которую лучше всего можно определить, как учение об условиях жизни организмов, об их „быте“, и с некоторыми из относящихся сюда фактов мы тоже должны познакомить читателя.

Последние удобнее всего разделить на две группы:

А) отношения организмов друг к другу, и

Б) отношения организмов к окружающей среде

Первая же группа распадается в свою очередь на два отдела:

а) отношения друг к другу особей, принадлежащих к одному виду, и

б) отношения друг к другу различных видов.

В дальнейшем мы и будем придерживаться именно этого порядка.

Половой диморфизм.

Среди отношений особей одного и того же вида первое место занимают наиболее распространенные, особенно в животном царстве, отношения различных полов. Сущность этих отношений нам уже хорошо известна, и мы знаем, что она имеет целью произведение новых поколений путем полового размножения, для чего самцы и самки обладают специальными половыми органами. Однако, у очень многих форм помимо этого оба пола заметно отличаются рядом особенностей, носящих чисто внешний характер и позволяющих сразу отличить самца от самки, при чем эти внешние отличия

не имеют прямого отношения к их органам размножения. Так как последние, конечно, более важны, то их называют первичными половыми признаками, а чисто внешние различия обоих полов — вторичными половыми признаками. Там, где имеются последние, в пределах одного вида возникают две различных формы — самца и самки, и это явление называют половым диморфизмом, т.-е. двуформием. Посмотрим какой биологический смысл имеет это явление.

Чаще всего вторичные половые признаки имеют тесную связь с отношениями между полами и происходящим между ними половым

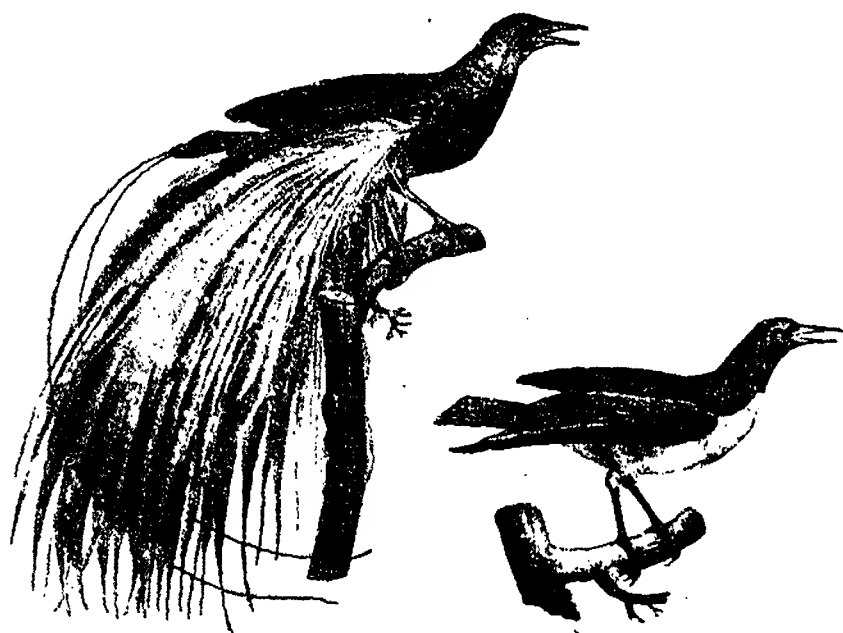


Рис. 72. Райская птица: слева — самец, справа — самка.

актом. Сообразно с известным уже нам различием в общем характере половых продуктов, мужской пол по сравнению с женским является обыкновенно более деятельным и активным: у большинства высших животных именно самец отыскивает самку, гоняется за ней, стремится привлечь ее к себе различными способами и даже нередко вступает из-за нее в борьбу с другими самцами. Все это требует у него присутствия особых органов, отсутствующих у самки, почему они и являются вторичными половыми признаками.

К этой категории вторичных половых признаков относятся, во-первых, те случаи, когда у самцов сильнее развиты органы движения и органы чувств для отыскивания самок — у некоторых насекомых, например, самцы крылаты, а самки бескрылы или у самцов гораздо

сильнее развиты усики, служащие органами обоняния; во-вторых, органы борьбы из-за самок с другими самцами — укажем хотя бы на рога оленей, присутствующие только у самцов, клыки у некоторых других зверей и т. д., и, в-третьих, особые органы и приспособления для привлечения самок. Последние особенно часто встречаются у птиц в виде более яркой окраски самцов, различных придатков на их теле, сильно развитых перьев и пр. — напомним тетеревей, фазанов и других куриных или изображенную на рис. 72



Рис. 73. Самка кенгуру с детенышем.

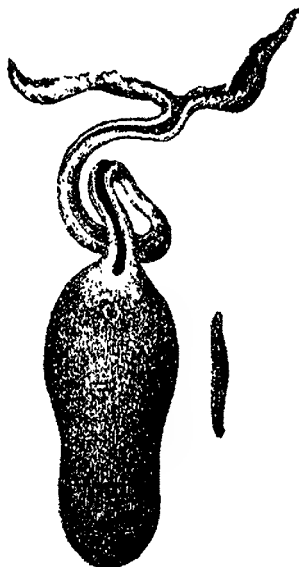


Рис. 74. Червь немеллия: слева — самка в естественн. величину, справа — самец, сильно увеличенный.

райскую птицу и др., — а также в виде способности к мелодичному пению, отличающему некоторых самцов от самок.

Однако, нередко вторичные половые признаки, будучи также связаны с размножением, носят уже совершенно иной характер. Сюда относятся, например, те случаи, когда такие особенности связаны с заботами о потомстве и служат или для питания или для защиты последнего. Так, самки всех млекопитающих имеют особые млечные железы, которыми они и кормят детенышей в первое время их жизни. У некоторых животных имеются особые сумки, в которых вынашиваются во время развития яйца, а иногда даже и детеныши (см. рис. 73, изображающий самку австралийского кенгуру). Иногда подобные выводковые камеры, как их называют, развиты не у самок, а у самцов, на которых и ложится забота о потомстве (некоторые жабы, рыбы), и во всех этих случаях

подобные органы служат хорошим отличительным признаком между обоими полами.

Наконец, встречаются и такие случаи полового диморфизма, когда он не имеет прямого отношения к размножению данных животных, а вызывается различным образом жизни обоих полов. Интересный пример подобного рода представляет морской червь бонеллия (см. рис. 74). Самка этого червя имеет строение, свойственное вообще всем червям одного с нею класса, ее тело снабжено хоботком и достигает длины 15 сантиметров. Напротив, самцы отличаются гораздо более упрощенной организацией и гораздо меньшими размерами (1—2 миллиметра), что объясняется всецело их образом жизни: они являются настоящими паразитами самок и паразитируют сначала на ее хоботе, а затем во внутренних органах, попадая в конце концов в половые протоки самки. Известны и обратные отношения, когда женский пол является более упрощенным, а мужской, напротив, нормально развитым, так что в этом отношении нет какого-либо общего правила.

Итак мы видим, что половой диморфизм представляет из себя довольно сложное явление, и вторичные половые признаки возникают различными путями и для различных целей, однако, всегда они бывают тесно связаны с жизненными отношениями их носителей.

Полиморфизм.

От диморфизма, или существования в пределах вида двух различных по внешности форм, мы можем перейти к полиморфизму, т.-е. многоформию, когда таких форм у одного и того же вида оказывается несколько. Это явление, свойственное некоторым животным, обыкновенно бывает тесно связано с разделением труда между особями данного вида, при чем на долю одних приходится при этом одни, а на долю других — другие функции. Так как такое разделение труда имеет смысл, лишь когда животные живут вместе, то полиморфизм и наблюдается преимущественно у тех форм, которые образуют сообщества или колонии, т.-е. ведут, как говорится, колониальный или социальный образ жизни.

Мы знакомы уже с бесполом размножением путем деления или почкования, которое встречается у многих низших форм, при чем иногда, как у ресничного червя, изображенного на рис. 30, или у гидры, образующиеся при этом особи не сразу расходятся друг от друга. Если же отделения особей во время бесполого размножения вообще не происходит, то этим путем из одного материнского организма получается целая колония.

Такое именно строение имеют, например, многие кишечно-полостные, в частности ближайшие родичи нашей обыкновенной гидры, так называемые гидроидные полипы, покрывающие в морях целым налетом многие предметы. Благодаря их совместной жизни друг с другом во многих таких колониях между их членами — отдельными особями — происходит разделение труда: одни приспосабливаются

к несению одних функций, другие — к несению других, что заметно отражается и на их строении. Так, в колонии полипов, изображенной на рис. 75, мы видим прежде всего обыкновенных полипов со щупальцами, устроенных так же, как гидра, — это так называемые питательные полипы (п), служащие для доставления пищи всей колонии. На других особях развиваются уже знакомые нам половые особи или медузы (м), третьи особи лишены рта и щупалец, но сами являются как бы щупальцами всей колонии — это щупальцевидные особи (ш), и, наконец, имеются особые недоразвитые полипы,

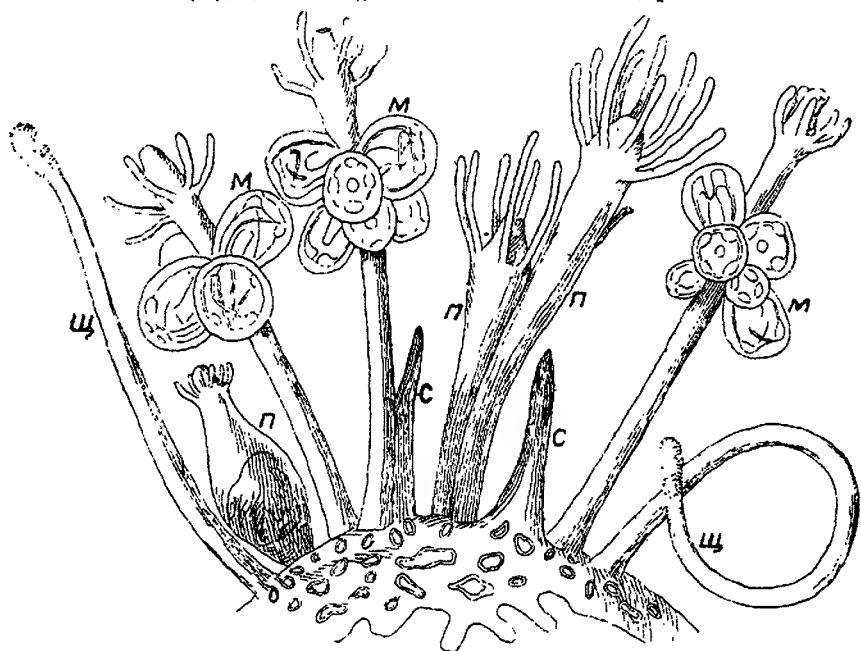


Рис. 75. Часть колонии гидроидного полипа подокорине: п — питательные полипы, м — почки для медуз, ш — щупальцевидные особи, с — скелетные полипоиды.

покрытые твердым покровом и служащие для ограждения колонии, или так называемые скелетные полипоиды (с). Здесь, таким образом, существуют четыре различных формы, но у некоторых других кишечнополостных полиморфизм выражен еще сильнее, и колонии их состоят из значительно большего числа различных сортов особей. Последние при этом иногда получают столь одностороннее развитие (в роде щупальцевидных или скелетных полипоидов в только что разобранным примере), что производят впечатление не отдельных особей, а только органов в теле одной особи, какой кажется такая колония. На самом же деле и в этих случаях перед нами именно колония, но с резко выраженным разделением труда между отдельными особями и вытекающим отсюда полиморфизмом.

Полиморфизм наблюдается, однако, не только при колониальной, но и при социальной жизни животных, общеизвестным примером чего являются общественные насекомые — пчелы, муравьи и термиты. Община или семья пчел, населяющая улей, состоит из трех родов особей (рис. 76): матки или царицы (1), которая занята лишь откладкой яиц, самцов или трутней (2), которые также не принимают участия в общественных работах и служат лишь для оплодотворения матки во время ее брачного полета, и, наконец, работниц (3), представляющих из себя недоразвитых в половом отношении самок, исполняющих все работы в улье и вне его. Трутни, как мы уже знаем, развиваются из неоплодотворенных яиц, отложенных маткой, рабочие же пчелы и царицы — из оплодотворенных, при чем личинки, предназначенные для вывода из них новых цариц, помещаются в больших маточных ячейках и кормятся более питательной пищей („молочком“, отрыгиваемым работницами), личинки же, предназначенные для рабочих пчел, растут в более тесных ячейках и кормятся менее питательным материалом — цветочной пылью

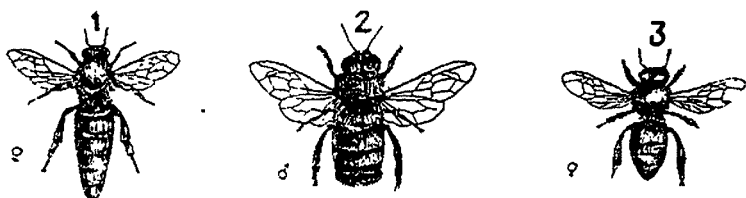


Рис. 76. Касты у пчелы: 1 — матка или царица, 2 — трутень, 3 — рабочая пчела.

с медом, что и отражается на развитии их половых органов. Однако, различия между этими тремя родами особей не ограничиваются половыми органами, а распространяются и на другие части тела: на голову, ротовые органы, лапки и т. д., что вызывается и у этих форм разделением труда.

Сильнее, чем у пчел, выражен полиморфизм у муравьев. У большинства наших европейских видов имеется, правда, тоже только три касты (рис. 77): самцы (3), самки (1) и рабочие (2), но различия между последними и половозрелыми особями уже более выражены, так как рабочие муравьи всегда лишены крыльев. У других видов муравьев к этим трем родам особей присоединяется еще четвертая каста — солдаты. Это тоже в сущности рабочие (т. е. недоразвитые в половом отношении самки), но их назначением является защита гнезда и несение других воинских обязанностей (муравьи, как известно, ведут друг с другом войны). Сообразно с этим солдаты отличаются от обыкновенных рабочих большими размерами, громадной головой и сильными челюстями, а также некоторыми другими особенностями (см. рис. 78). У некоторых других муравьев полиморфизм идет еще дальше: появляются рабочие не одного, а нескольких различных типов, возникают особые высоко специализированные особи (в роде хотя бы медоносных

особей, являющихся как бы живыми боченками меда, переполняющего их зоб и служащего для питания других муравьев) и т. д. Все это стоит в связи с разделением труда в сильно дифференцированной общине муравьев, жизнь которой отличается высокой степени сложностью, так как у муравьев наблюдаются такие явления, как держание „домашних животных“, разведение грибов, собирание запасов пищи, ведение войн с другими муравейниками, рабовладельчество.

Не в меньшей, если не в большей степени выражен полиморфизм у третьей группы социальных насекомых, а именно у термитов, которые встречаются, главным образом, в тропических странах. Общественная жизнь и разделение труда у них еще более сложны, на чем мы, однако, не можем здесь останавливаться, отсылая

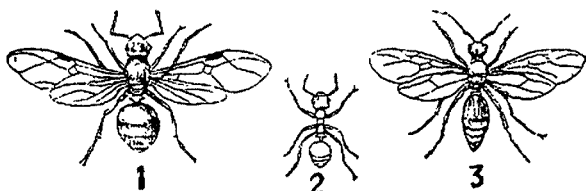


Рис. 77. Касты у красного муравья: 1 — самка, 2 — рабочий, 3 — самец.

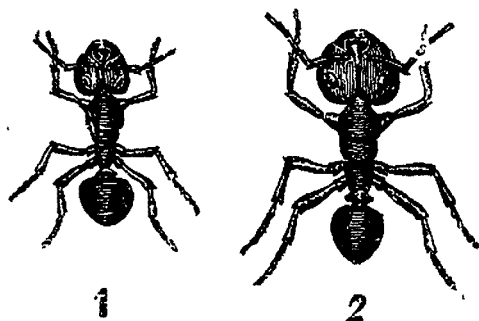


Рис. 78. Рабочий (1) и солдат (2) у одного вида муравьев.

для этого читателя к другим источникам *).
Коснувшись общественной жизни животных, нельзя не отметить, однако, еще двух важных пунктов.
Во-первых, не следует думать, что в животном царстве общественность возникает всегда в связи с полиморфизмом. Так в действительности обстоит дело почти всегда у насекомых, почему социальные насекомые и образуют обычные полиморфные общины. Однако у многих не наблюдается, и их общины гораздо более однородны и состоят только из обычных для данного вида самцов и самок. В некоторых случаях такие общины представляют из себя одну сильно разросшуюся семью, в которой кроме одного самца имеется несколько самок с их потомством: таковы, например, табуны или косяки диких лошадей. В других случаях в состав общины входит просто множество отдельных особей, которые соединяются постоянно или только на время для известной цели. Таковы стаи птиц, в которые они собираются для

*) Для этой цели можно указать, например, следующие книги: Кнауэр Муравьи. (Изд. Брокгауза-Ефрона). Эшерих. Термиты. (Изд. Девриена).

перелета, постоянные стада у оленей, обезьян и др., при чем обычно во главе такой стаи или стада имеется вожак. Известны случаи сооружения некоторыми общественными животными постоянных общественных жилищ (постройки бобров, гнезда общественных ткачиков и т. д.), но в однородных общинах связь между всеми членами их никогда не бывает такой тесной, а общественная жизнь никогда не приобретает такого сложного характера, как у социальных насекомых с их резко выраженным полиморфизмом.

Второй важный пункт, который следует отметить, касается психической жизни тех животных, у которых имеются полиморфные общины с сложным разделением труда. Необычайная сложность их общественной жизни и глубокая целесообразность многих поступков заставляла в прежнее время предполагать, что пчелам, муравьям и термитам присуща такая же разумная деятельность, которая руководит человеком во многих его поступках. Однако, это оказалось совершенно неправильным.

Выше мы видели уже, что в круг деятельности нервной системы кроме сравнительно простых актов, называемых рефlekсами (стр. 63), входят и другие более сложные проявления их психической жизни, развившиеся, как можно думать, на почве подобных рефlekсов. Сравнительная психология, изучающая психическую жизнь животных, различает двоякого рода проявления последней — действия инстинктивные и действия разумные.

Инстинктивными действиями называют такие, которые животное умеет производить без всякого предварительного опыта, так как они являются для него врожденными. Например, все насекомые сразу начинают питаться нужной для них пищей, строят иногда сложным образом коконы, откладывают яички на те растения, которыми питается личинка, и т. д. — без всякого обучения. Способность ко всем этим чрезвычайно целесообразным действиям получена ими от предков, является врожденной и чрезвычайно полезной для данного вида, при чем животное ничего уже не может в ней изменить и действует всегда по одному определенному плану или трафарету, общему для всех форм данного вида. Таким образом, инстинкт есть врожденное и бессознательно целесообразное действие.

Напротив, разумные действия отнюдь не являются врожденными, а основываются на личном опыте. Они проделываются различными особями не одинаково, а индивидуально, сообразно с предшествующим опытом каждой. Совершая подобное действие, животное или человек имеет в виду известную цель, и целесообразность разумных действий является поэтому сознательной. Словом, разумные действия отличаются от инстинктов тем, что они не врожденные и притом сознательно целесообразные.

Вопрос о том, как распределены действия разумные и инстинктивные по животному царству, не может считаться вполне решенным в виду его сложности, а также и в виду того, что все в природе связано постепенными переходами, так что подметить первые про-

явления новой способности бывает не легко. Однако, несомненно что психическая жизнь насекомых носит еще чисто инстинктивный характер, и в ней нет никакого разумного начала. Тщательное изучение и анализ поведения различных насекомых, в том числе и общественных, показал, что самые сложные действия их проделываются без всякого обучения и опыта, по известному строго определенному трафарету, полученному при рождении от предков. Действия эти отличаются удивительной целесообразностью, пока животное действует в привычной для него обстановке, и производят впечатление крайне нецелесообразных, если только обстановка неожиданно и резко изменилась. То, что мы называем разумом, у насекомых, по видимому, совершенно отсутствует *).

Таким образом, психологическая основа общественной жизни насекомых совершенно иная, чем у человека, и это обстоятельство, а также свойственный первым полиморфизм не позволяет сопоставлять, как это иногда делается, эти столь различные проявления общественности непосредственно одно с другим. Что касается до однородных (т.-е. не полиморфных) общин высших позвоночных, то в частности у млекопитающих участие в их жизни и известных разумных действий едва ли может отрицаться. В этом отношении временные и постоянные стада, стаи и табуны различных зверей стоят ближе к тем примитивным общинам, с которых началась когда-то и общественная жизнь человека.

Симбиоз.

От отношений особей, принадлежащих к одному и тому же виду, мы можем перейти теперь к отношениям друг к другу разных видов. Последние могут носить самый разнообразный характер: то явно враждебный (укажем, например, на хищничество), то довольно безразличный, то, наконец, явно дружественный и полезный обеим сторонам. Разберем и здесь несколько подобных явлений различного рода, при чем начнем с полезного обеим сторонам сожительства двух видов друг с другом, называемого также симбиозом.

Многочисленные примеры последнего можно также наблюдать у общественных насекомых, особенно у муравьев и термитов, в гнездах которых живет кроме их настоящих хозяев очень много самых разнообразных животных, при чем сожительство некоторых из них с муравьями или термитами доставляет несомненную выгоду обеим сторонам. Особенной известностью пользуется такое сожительство муравьев с тлями, которых нередко даже называют „полезным скотом“ первых. Действительно, муравьи поедают сахаристые испражнения тлей и за это ухаживают за ними: защищают

*) См. Фабр. Инстинкт и нравы насекомых (изд. Маркса), а также ряд произведений В. А. Вагнера: „Психология животных“, „Биологические основания сравнительной психологии“, 2 т. и др.

от врагов, строят над ними целые навесы, переносят тлей и их яйца в муравейник, а вышедших из этих яиц личинок снова на растение, которым они питаются, и т. д. Эти отношения очень напоминают отношение человека к его домашним животным, которое также можно признать за случай симбиоза. Другие сожители муравьев и термитов, вроде личинок некоторых жуков, также доставляют им привлекательные для них выделения и за это пользуются со стороны своих хозяев заботливым уходом; однако существует не мало и таких сожителей, которые пользуются от муравьев только помещением, не принося им какой-либо существенной пользы, и только терпят их ими: при этом симбиоз приобретает уже односторонний характер.



Рис. 79. Актинии на раковине, занятой раком-отшельником.

Очень известный пример симбиоза представляет сожительство одного из ракообразных — рака-отшельника — с крупным полипом из типа кишечно-полостных, называемым актинией (см. рис. 79). Рак-отшельник получил свое название оттого, что он поселяется всегда в пустых раковинах моллюсков, таская такую раковину всюду за собой, а на этих раковинах очень часто селятся и актинии. Обе формы извлекают из своего сожительства взаимную

пользу: актиния перемещается при этом с места на место, так как рак-отшельник таскает ее вместе с раковиной за собой, последний же пользуется остатками ее стола, поедая тех животных, которых актиния убивает своими щупальцами, но которые не попадают в ее ротовое отверстие.

Во всех этих случаях дело идет о сожительстве в одном помещении, однако иногда симбиоз приобретает и более глубокий характер; один сожитель селится на теле другого или даже в его внутренних органах. Примером последнего могут служить некоторые инфузории, поселяющиеся в большом количестве в желудке жвачных, при чем пользу от этого извлекают, повидимому, не только эти простейшие, находящие в желудке удобную для своей жизни среду и пищу, но и их хозяева — рогатый скот, так как инфузории способствуют пищеварению, действуя на непереваримую при помощи

кишечных секретов клетчатку, поглощаемую жвачными с пищей в очень большом количестве.

Известны случаи симбиоза и у растений. Классический пример этого рода представляет всем известная группа лишайев. Первоначально их считали за особый отдел споровых растений вроде грибов водорослей, мхов и т. п., но затем выяснилось, что каждый лишай представляет из себя чрезвычайно тесное сожительство двух организмов—гриба и водоросли. На разрезе через кусочек лишая под микроскопом видно, что он образован элементами двоякого рода и состоит из тонких нитей, принадлежащих грибу, и крупных зеленых клеток, являющихся одноклеточными водорослями (рис. 80). Удалось даже выделить эти водоросли из тела лишая и заставить их жить отдельно, точно так же как были выращены и лишайниковые грибы без водорослей, но обыкновенно и те и другие живут всегда вместе, так как гриб защищает водоросли от высыхания и добывает для них воду и минеральные вещества, а в то же время он питается сам этими водорослями, высасывая своими нитями их содержимое. Благодаря этому лишайи могут селиться на голых скалах и камнях, где кроме них не способны жить ни одно растение. Впрочем, этот случай симбиоза нельзя также не признать довольно односторонним, так как гриб извлекает из этого сожительства больше пользы, чем водоросли.

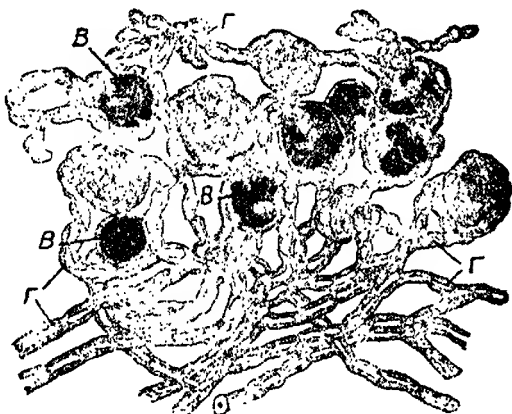


Рис. 80. Продольный разрез через лишайник:
В — водоросль, Г — гриб.

Паразитизм.

Некоторые случаи одностороннего симбиоза незаметно переходят в другое явление, где выгоды от взаимного сожительства приходятся всецело на долю одного организма, другой же получает от этого уже вред, при чем эти случаи известны под именем паразитизма. Организм, живущий на счет другого, называют при этом паразитом, а тот, в теле или на теле которого он живет, — его хозяином.

Явление паразитизма пользуется в животном и растительном царстве еще большим распространением, чем симбиоз: паразиты известны почти среди всех типов животного царства вплоть до позво-

ночных, и некоторые группы животных (например, ленточные черви) состоят только из паразитов; среди растений особенно много паразитов в группе грибов, но известны паразитические формы даже между цветковыми растениями. Вот почему случаи паразитизма удобнее разделить для рассмотрения на несколько групп.

Те случаи его, когда паразит живет на теле хозяина или нападает (как пиявка, клоп) на него снаружи, называют наружным паразитизмом; если же паразит живет во внутренних органах хозяина, как, например, различные глисты, то мы имеем дело с внутренним паразитизмом. Кроме того среди паразитов различают временных, постоянных и периодических. Первые только на время посещают тело своей жертвы, как блохи, клопы, пиявки и др.; вторые живут в теле хозяина всю свою жизнь, как многие паразитические черви (солитеры, трихина и др.); периодические же паразиты ведут такой образ жизни или только в личиночном состоянии или только во взрослом, в другую же половину своей жизни они являются свободно-живущими организмами. Так, личинки некоторых мух паразитируют в других животных, взрослая же муха отнюдь не паразит; наоборот, у многих паразитических ракообразных их личинки ведут свободно-подвижный образ жизни и лишь ко времени метаморфоза прикрепляются к хозяину.

Паразитический образ жизни накладывает резкий отпечаток на строение паразита и вызывает в нем заметные изменения по сравнению с его свободно-живущими родичами. Эти изменения всегда сильнее у внутренних паразитов, чем у наружных, и у постоянных, чем у временных, да последние часто вообще мало отличаются от свободно-живущих форм. Подобные изменения выражаются прежде всего в недоразвитии — как говорят, регрессе, а иногда даже и в полном исчезновении некоторых органов, ненужных более паразиту благодаря его образу жизни. Начинается при этом дело обыкновенно с органов животной жизни, т. е. с органов движения, чувств и нервной системы, которые, конечно, гораздо менее нужны паразитам, чем свободно-живущим формам, но иногда регресс идет у них и дальше и доходит до утери многих внутренних органов вплоть до кишечника. Так, например, у солитеров (рис. 81—5), которые паразитируют в тонких кишках различных позвоночных, нет и следов пищеварительного аппарата, так как они постоянно окружены уже переваренной их хозяином пищевой кашицей, которую и всасывают всей поверхностью тела. Еще более измененным является паразитический рачек саккулина, личинка которой, имеющая вид упоминавшегося уже выше науплиуса (см. рис. 61), ведет свободный образ жизни и снабжена глазами, органами движения, кишечником и т. д. Затем эта личинка прикрепляется к телу другого ракообразного — краба — и прodelывает метаморфоз, превращаясь во взрослую саккулину, при чем в это время у нее исчезает большинство органов и наружных и внутренних, и она получает вид мешка, набитого половыми органами, от которого отходят длинные, ветвистые корневидные отростки, внедряющиеся в тело

краба, и при помощи их саккулина сосет соки из тела своей жертвы (рис. 82).

Кроме подобных регрессивных изменений у паразитов зачастую появляются специальные приспособления, стоящие также в связи с их образом жизни, которых не бывает у родственных им свободноживущих форм. Такими специальными приспособлениями являются, например, присоски и венчик крючков на головке солитера, при помощи которых он цепляется за стенку кишки (см. рис. 81—6), или корневидная система отростков у саккулины, служащая и для питания и для прикрепления к хозяину. То же самое имеет место и у некоторых растительных паразитов. Так на рис. 83 изображен стебель хмеля, к которому прикрепилось одно паразитическое семенное растение—повилика; последняя живет на других растениях, высасывая из них соки при помощи особых отростков, служащих также и для прикрепления. Сходство в этом отношении между повиликой и саккулиной, конечно, очень большое, хотя они и относятся к различным царствам природы.

Крайне характерным признаком паразитов, особенно внутренних и постоянных, является большая плодовитость — откладка ими громадного количества яиц и в силу этого сильное развитие органов размножения. Тело упоминавшегося уже выше солитера состоит из большого количества члеников, следующих за головкой и образующих в совокупности ленту — откуда и название ленточные черви. Каждый членик обладает известной самостоятельностью, так как органы в них повторяются; задние членики время от времени отрываются и выходят из кишечника хозяина. Эти членики, как видно на рис. 81—7, сплошь переполнены яйцами, лежащими в особой сильно разветвленной полости — матке или яйцеприемнике. Тело саккулины, как уже упоминалось, представляет

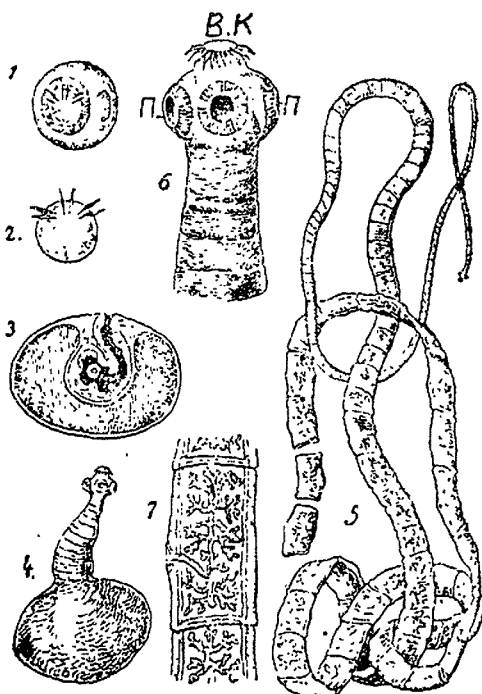


Рис. 81. Свиной солитер: 1 — яйцо, 2 — зародыш, 3 и 4 — пузырчатая стадия (финна), 5 — ленточная стадия, 6 — головка с присосками (II) и венчиком крючков (В.К.), 7 — зрелый членик.

в сущности тоже мешок, переполненный половыми продуктами. Эта особенность паразитов находит свое объяснение в том, что их жизнь подвергается гораздо большим случайностям, чем у свободных форм, так что из покинувших яйца личинок только ничтожный процент имеет шансы попасть в нового хозяина, что и компенсируется необычайно сильной плодовитостью.

Нельзя в заключение не отметить, что у многих паразитов наблюдается еще одна характерная особенность, носящая название смены хозяев. Сущность последнего явления состоит в том, что

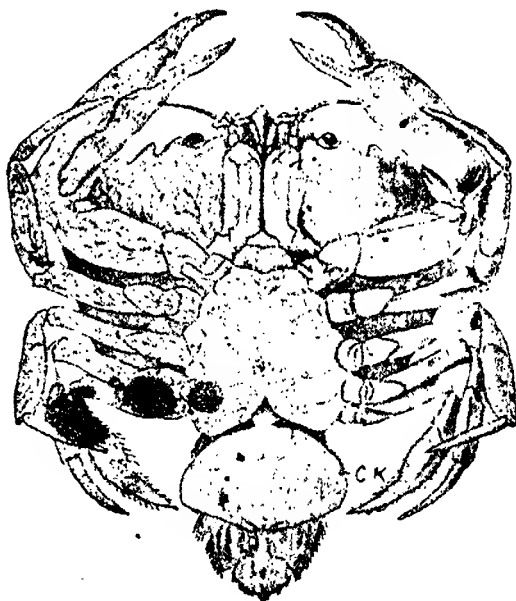


Рис. 82. Саккулина на крабе: СК — часть паразита, висевшая снаружи, от которой отходят отростки в тело краба.

личинка паразита живет в одном хозяине, а взрослый паразит в другом, при чем первый называется промежуточным, а второй окончательным. Так, в кишках человека паразитируют два вида солитера: свиной и бычий, имеющие во взрослом состоянии ленточную форму. Для дальнейшего развития яйца этих солитеров должны попасть у одного вида в желудок свиньи, у другого в желудок быка, которые и являются промежуточными хозяевами. В желудке промежуточного хозяина из яйца данного вида солитера выходит личинка (рис. 81 — 1, 2), проникающая в мышцы этого хозяина и принима-

ющая там вид особой пузырчатой стадии или финны (рис. 81 — 3, 4). Если такое зараженное финнами свиное или бычье мясо съедается человеком, то в его кишечнике из финны получается ленточная стадия или взрослый солитер, достигающий быстро половозрелого состояния. У некоторых глистов такая смена хозяев носит еще более сложный характер. Наблюдается это явление и у растительных паразитов. На листьях злаков и других растений появляются иногда особые паразитические грибы, носящие название ржавчинных, так как они вызывают своим присутствием ржавые пятна. При этом в течение своего полного цикла развития каждый ржавчинный гриб обыкновенно переселяется с одного растения на другое: так, у обыкновенной хлебной ржавчины окончательным хозяином является рожь и другие злаки, а промежуточным — барбарис.

Несбыточная сложность некоторых из этих явлений паразитизма невольно вызывает вопрос, как все это могло возникнуть и каково вообще происхождение и паразитизма, и симбиоза, и многих других столь же интересных взаимоотношений живых существ. Ведь трудно же допустить, чтобы так называемые хозяева были сразу созданы или возникли другим путем вместе с их паразитами. На этот вопрос мы дадим исчерпывающий ответ в следующей главе.

До сих пор при разборе отношений различных видов друг к другу мы имели дело только с такими, где эта связь наблю-

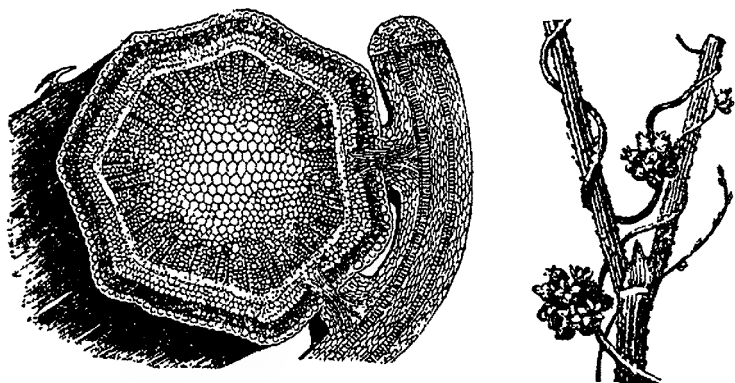


Рис. 83. *Повилика*: справа — паразит на стебле хмеля, слева — разрез через стебли хмеля и повилики, проникнувшей отростками в тело хозяина.

дается или между двумя животными или между двумя растениями. Нередко, однако, во взаимной связи находятся и представители этих двух различных царств природы. Не говоря уже о том, что существование животного царства без растительного было бы вообще невозможно, так как только снабженные хлорофиллом клетки могут строить органические вещества из неорганических, — почему животные прямо или косвенно и питаются растениями, а человек и некоторые общественные насекомые даже разводят их, — при этом существуют и более специальные отношения. Мы остановимся здесь только на двух примерах этого рода: на отношениях между цветами и насекомыми и на насекомоядных или плотоядных растениях.

Отношения между цветами и насекомыми.

Мы упоминали уже выше, что самооплодотворение встречается у животных гермафродитов очень редко, так как оно невыгодно для организма. То же самое можно сказать и про растения: самоопыление, т.-е. опыление цветка собственной пылью, встречается лишь у меньшинства растений, большинство же их нуждается

всегда в перекрестном опылении, в переносе пыльцы с цветка одного растения на другое.

Этот перенос пыльцы с одного растения на другое совершается или при помощи ветра или при помощи насекомых, так что в этом отношении все цветковые растения можно разделить на ветроопыляемые и насекомоопыляемые. К первым принадлежат многие из наших деревьев и кустарников, а также злаков; у всех этих растений цветки мелкие, невзрачные, лишены яркой окраски и запаха. Напротив, у насекомоопыляемых растений обыкновенно сильно раз-

виты окрашенные в тот или иной цвет лепестки, цветы отличаются сильным запахом, и кроме того на дне цветка имеются особые железы, нектарники, выделяющие сахаристую жидкость — мед или нектар.

Все эти особенности и служат для привлечения к цветам насекомых. Яркая окраска лепестков или сильный запах цветка указывает к нему дорогу насекомым, причиной же посещения цветов последними является желание полакомиться заключенным в них сладким нектаром. Чтобы добраться до нектарников, насекомым приходится забираться глубоко внутрь цветка, и в это время пыльца пристает к их телу. При посещении же другого цветка такое насекомое касается своим телом его рыльца, оставляя на нем часть прилипшей к нему пыльцы, и производит благодаря этому перекрестное опыление.

У многих цветов для этой цели имеется ряд специальных приспособлений, обеспечивающих перенос пыльцы насекомыми. Например, у шалфея изогнутые тычинки спрятаны в верхней губе венчика, как это показано на рис. 84 пунктиром, рыльце же, сидящее на

Рис. 84. Цветок шалфея: А — целый цветок, В — выделенные из цветка тычинки; п — рыльце, а — пыльники.

длинном столбике, выдается из этой губы наружу (п). Забравшееся в цветок насекомое (пчела или шмель) надавливает на нижний конец тычинок и поворачивает их книзу, благодаря чему пыльники (а) ударяются об спинку насекомого и обсыпают ее пылью. Залетая в другой цветок, насекомое неизбежно должно коснуться своей спинкой его рыльца (п) и оставляет на нем несколько пылевых крупинок. При этом цветы шалфея по своей величине и другим особенностям приспособлены специально к опылению их пчелами или шмелями; у других цветов имеются такие же специальные приспособления для опыления их мелкими насекомыми вроде мух и т. д. Особенной сложностью отличаются такие приспособления у многих орхидей, о которых написаны целые книги. С другой стороны, и у насекомых имеются также особые приспособления для

той же цели: например, бабочки имеют длинный хоботок для высасывания сладкого цветочного нектара и т. д. Словом, взаимные приспособления наблюдаются здесь как с той, так и с другой стороны.

Насекомоядные растения.

Не менее сложными являются специальные приспособления у насекомоядных или плотоядных растений, которые питаются различными насекомыми и другими мелкими животными. Этот способ питания не является у них главным и тем более исключительным, так как все эти формы имеют хлорофилл и с его помощью готовят, как и все

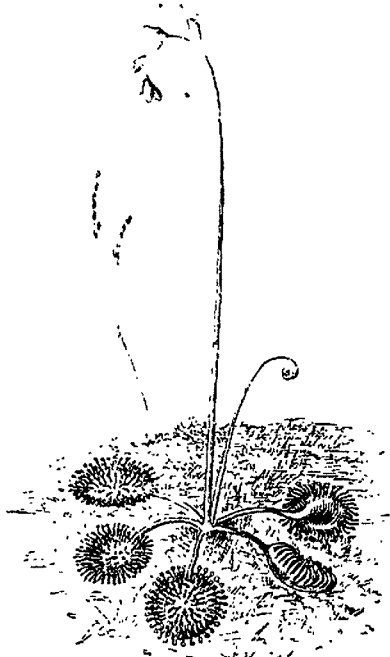


Рис. 85. Росянка.

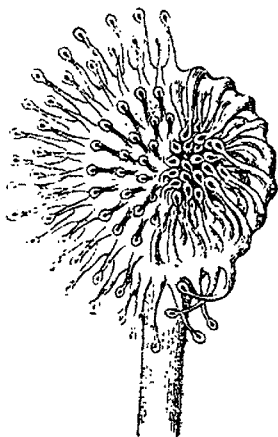


Рис. 86. Лист росянки в то время, когда на него село насекомое.

растения, органические вещества своего тела из простейших неорганических веществ. Однако, в то же время данные растения пополняют свой стол и подобно животным, а именно улавливают самыми различными способами насекомых или других мелких животных и усваивают белковые вещества их тела, при чем некоторые даже переваривают их при помощи особых ферментов вроде пепсина, содержащегося в желудочном соке животных. Таких плотоядных растений известно в настоящее время довольно много, но мы остановимся лишь на двух наиболее типичных и при том встречающихся очень часто в наших краях.

Наибольшей известностью среди них пользуется наша обыкновенная широколистная росянка (рис. 85). Для питания насекомыми у нее служат листья, собранные под стеблем в так называемую

прикорневую розетку; листья эти покрыты многочисленными волосками, которые выделяют на своих утолщенных концах клейкую жидкость. Капли этой жидкости привлекают к себе различных мелких насекомых, которые, как только сядут на лист росянки, тотчас же прилипают к волоскам. Последние вслед за этим начинают пригибаться своими головками к пойманному насекомому (откуда наглядно видно, что росянка, подобно мимозе, обладает способ-

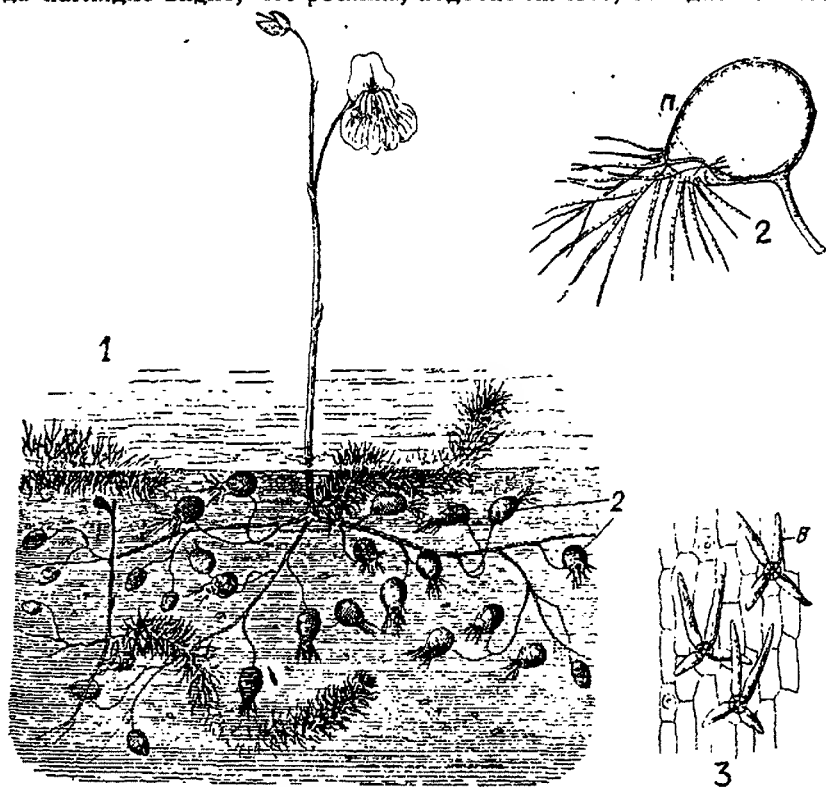


Рис. 87. Пузырчатка: 1—целое растение, 2—ловушка, 3—всасывающие волоски.

ностью к движению и чувствительностью), и в конце концов все насекомое скрывается под опустившимися на него головками волосков (рис. 86). Кроме клейкого вещества головки волосков выделяют и пепсин, который переваривает насекомое, и через несколько дней от него остается лишь пустой панцирь, после чего волоски снова распрямляются.

У некоторых насекомоядных растений все эти приспособления устроены еще сложнее, чем у росянки, но встречаются и менее сложные способы улавливания и усвоения пищи. Так, в наших водах часто попадает особое плотоядное растение, называемое пузырчаткой (рис. 87). Ее листья превращены в особые неподвижные

ловушки, имеющие вид пузырьков (2), вход в которые прикрыт особой пластинкою (п); последняя легко отодвигается внутрь, но не дает забравшимся в такой пузырек животным выйти наружу. Попавшие в ловушку мелкие рачки, личинки насекомых и т. п. умирают в ней и разлагаются, а продукты разложения их тела всасываются особыми волосками на внутренней стенке пузырька (3).

Таким образом, пузырчатка уже не совершает подобно росянке самостоятельных движений и не вырабатывает для переваривания добычи пищеварительных ферментов, а довольствуется поглощением продуктов разложения ее жертв в ловушке. Питание разложившимися органическими веществами свойственно многим животным (например, некоторым червями) и растениям (грибы, орхидеи и др.) и носит в отличие от знакомых уже нам паразитизма и хищничества название сапрофитизма. Следовательно, по способу своего питания пузырчатка стоит ближе всего к сапрофитам; таковы же и другие более просто устроенные насекомоядные растения; росянка же и некоторые подобные ей формы более напоминают хищников.

Организмы и окружающая среда.

От отношений различных организмов друг к другу мы можем перейти теперь к разбору отношений организмов к окружающей среде. Эти отношения отличаются столь большим многообразием и сложностью, в этом направлении сделано уже столько интересных наблюдений и вообще собрано так много материала, что здесь мы можем коснуться этого наиболее важного отдела экологии только в самых общих чертах.

Жизнь каждого организма протекает в различных условиях температуры, света, давления, количества пищи и т. п., при чем, как уже говорилось выше, каждое изменение в этих внешних условиях действует на него, как известное раздражение. Для каждого из подобных раздражений можно установить три точки: оптимум, при котором жизнь организма протекает лучше всего, максимум и минимум, выше и ниже которых она становится невозможной. Две последних точки для каждого организма определяют те условия, при которых возможна жизнь данного живого существа, и эти условия различны для различных животных и растений. Так, рыбы не выносят температуры выше 30° — 40° , а некоторые моллюски, живущие в горячих ключах, живут до 50° , бактерии же переносят нагревание до 70° и даже выше. Рыб и лягушек можно заморозить, и если температура не понизится ниже -20° для рыб и -28° для лягушек, они все же оживут, а семена некоторых растений оказывались способными к прорастанию и после охлаждения до 200° ниже нуля. Высшие животные не могут оставаться без кислорода обыкновенно дольше нескольких секунд, а самое большее нескольких минут, некоторые же кишечные паразиты вроде солитера жили при этом по несколько дней, вплоть до недели.

Однако, между максимумом и минимумом каждого из необходимых для организмов условий жизнь их протекает не одинаково

хорошо, и чем дольше подвергается данное существо действию неблагоприятной для него обстановки, близкой к максимуму или минимуму нужных для него условий, тем больше отражается это на всем его облике, иногда совершенно изменяя последний. Достаточно напомнить тот вид, который приобретают долго голодавшие животные или растения, выросшие на сухой неплодородной почве, по сравнению с другими более счастливыми особями, жившими в лучших условиях. Точно так же в неблагоприятных условиях климата (т.-е. температуры, влажности и т. д.), например, на крайнем севере, многие растения нередко мельчают, принимают карликовый вид. Так, в полярных странах, например, на наших берегах Ледовитого океана, вместо обыкновенных березы и ивы растут карликовая береза и ива, имеющие вид кустарников. Наоборот, некоторые моллюски и другие беспозвоночные находят в северных морях наилучшие условия существования и отличаются там наибольшими размерами, при движении же этих форм на юг они становятся значительно мельче.

Особенно сильно выражена способность изменять при различных внешних условиях свое строение, а иногда и весь облик, у растений. В смысле внешнего вида и общей картины строения замечается большая разница между растениями, постоянно растущими на свету и в тени, между растениями, живущими в более влажных и в более сухих местах, и т. д. Например, растения, приспособившиеся к жизни в сухих местах и называемые ксерофитами (сухолюбями), имеют или целый ряд приспособлений для уменьшения испарения (густые волоски на листьях, толстая надкожица на них же и т. д.) или особые приспособления для накопления и сохранения влаги (развитие особой водоносной ткани, мясистый характер всего растения, превращение листьев в шипы и колючки и проч.). Напротив, растения, живущие при большой влажности, имеют более крупные листья, более длинные междоузлия, меньшее количество волосков и более тонкую надкожицу и т. д. Иногда можно видеть, как одно и то же растение производит органы различного вида в зависимости от их положения по отношению к окружающей среде. Так, растение стрелолист в глубокой воде образует лентовидные листья, в мелкой воде — особой формы плавающие, а над водой — стреловидные (рис. 88). Эти факты наглядно показывают, насколько строение и весь облик растений зависят от внешних условий.

Что это действительно так, показывают и некоторые специальные опыты. Наш рис. 89 изображает два одуванчика, представляющие потомство одного и того же растения, разделенного бесполом путем на две части, только одна из них росла затем в нормальных условиях на равнине и дала более крупную особь, другая же выросла высоко в горах и превратилась в карликовое растение. Если теперь снова вернуть его на равнину, то потомство его, как показал этот опыт, примет там свой нормальный характер. Точно также, если вырастить потомство одного и того же декора-

тивного растения — китайского первоцвета (*Primula sinensis*) частью в оранжерее при температуре $30-35^{\circ}$, а частью при температуре $15-20^{\circ}$, то окажется, что растения, развившиеся в оранжерее, будут иметь белые цветы, а растения, выросшие при более низкой температуре, — красные. Перенос оранжерейных растений в более холодное помещение заставит их производить вместо белых цветов красные.

Однако, многие организмы не только изменяются неблагоприятными условиями, но могут и сопротивляться им и даже постепенно

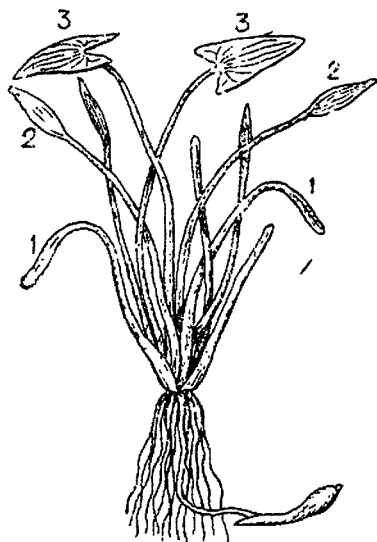


Рис. 88 Стрелolist: 1 — подводные, 2 — плавающие, 3 — выдающиеся из воды листья.



Рис. 89. Одувanchик на равнине (слева) и в горах (справа).

приспособляться к ним. На последнем основана так называемая акклиматизация, т.-е. приучение живых существ к новым, первоначально несвойственным для них, условиям жизни. В специально поставленных для этого опытах удавалось, например, приучать постепенно морских животных к жизни в пресной воде и пресноводных — в морской, что сопровождалось иногда и некоторым изменением их внешнего вида. Особенно же широко акклиматизация применялась при приручении наших домашних животных и растений: предки многих из них жили совсем в других странах и в другой обстановке, а затем были перенесены в новые условия и приспособились к ним. Так, предки наших кур живут и теперь в диком состоянии в южной Азии, индюков — в Америке, цесарок — в Африке и т. д. Конечно, и здесь переход в совершенно новые условия не мог не вызвать в этих организмах неко-

торых изменений, хотя на других (например, на тех же индюках и цесарках) он отразился очень мало.

Сопротивление многих живых существ действию неблагоприятных внешних условий выражается в том, что жизнедеятельность их падает при этом до минимума и они вступают в особое состояние, называемое состоянием скрытой жизни.

Многие простейшие обладают способностью, при высыхании тех водоемов, в которых они живут, сжиматься и выделять вокруг себя особую плотную оболочку или цисту, которая защищает их от дальнейшего высыхания; эти цисты переносятся затем ветром и, если попадут в новый водоем, то оболочка, защищавшая простейшее, растворяется, и последнее выходит наружу, возвращаясь

к деятельной жизни. В таком, как говорят, инцистированном состоянии простейшие могут оставаться, не принимая пищи извне, целые годы, и это помогает им переносить самые неблагоприятные внешние условия.

У некоторых других уже многоклеточных животных дело идет еще дальше: они могут сами засыхать без образования какой-либо защитной оболочки; в таком состоянии обмен веществ в их теле совершенно прекращается, и все же, по миновании неблагоприятных условий, такие организмы снова оживают. Это явление было впервые открыто и хорошо изучено у тихоходок (тардиград), составляющих особую группу членистоногих животных; встречается оно и у некоторых червей.

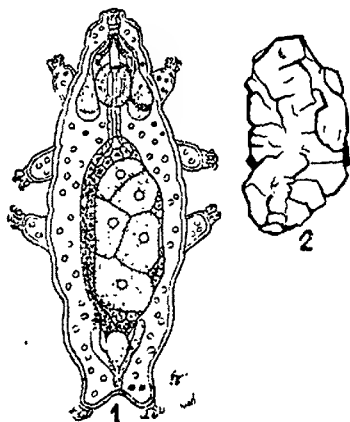


Рис. 90. Тихоходка: 1 — в деятельном состоянии, 2 — засохшая.

Наш рис. 90 изображает тихоходку в деятельном и в засохшем состоянии: в последнем виде это маленькое микроскопическое существо может, по видимому, оставаться годами, но достаточно ему попасть в воду, как оно возвращается к жизни.

Другие животные не могут впадать в состояние скрытой жизни сами, но образуют при наступлении неблагоприятных условий так называемые покоящиеся яйца с толстой оболочкой, внутри которых зародыш, подобно простейшему в цисте, может оставаться в состоянии скрытой жизни очень долгое время. Точно так же семена растений заключают в себе зародыш уже со сформированными органами (корешком, зачатком стебля и первыми листьями), но он не обнаруживает никаких признаков жизнедеятельности, даже не имеет обмена веществ, т.-е. его жизнь тоже скрытая. Благодаря этому семена не теряют своей всхожести или способности к прорастанию и при отсутствии влажности и при низкой температуре очень долгое время.

У высших животных на состояние скрытой жизни очень похоже явление спячки. В состоянии зимней спячки в наших странах впадают многие млекопитающие и другие позвоночные, моллюски, насекомые и т. д.; при этом их температура понижается, обмен веществ сводится до минимума, и в таком состоянии они остаются до весны. В тропических странах у животных наблюдается явление летней спячки в течение сухого времени года.

В связи с влиянием на организмы внешних условий и способностью организмов приспосабливаться к ним возникают многие интересные биологические явления, из которых мы остановимся здесь только на двух — на сезонном диморфизме и на покровительственной окраске у животных.

Сезонный диморфизм.

С диморфизмом или существованием в пределах вида двух различных форм мы уже знакомы по примеру полового диморфизма. Однако, возможны и другие случаи того же явления, например, сезонный диморфизм, когда те две формы, из которых состоит вид, приурочены каждая к известному времени года.

На рис. 91 изображены две бабочки, которые резко отличаются друг от друга своей окраской: одна из них (1) рыжего цвета, другая (2) темного, почти черного. Для Линнея, впервые описавшего эти формы, было совершенно несомненно, что они являются различными видами рода *Vanessa* (к которому относится и всем известная крапивница), при чем он назвал рыжую форму леваной, а темную прорзой (по двойной номенклатуре — *Vanessa levana* и *Vanessa prorsa*). Однако, дальнейшее знакомство с этими бабочками показало, что они являются отнюдь не особыми видами, а только различными поколениями одного и того же вида: рыжая левана летает весной и откладывает яички, из которых выходят гусеницы, дающие куколок, и из них в середине лета выходят темные прорзы, из яичек же, отложенных последними, к следующей весне получаются снова рыжие леваны. Такие же случаи, затем стали известны у других бабочек и еще у некоторых форм, и явление это получило название сезонного диморфизма.

В чем состоит причина данного явления, показали опыты над той же самой леваной и прорзой известного немецкого зоолога Вейсмана, с именем которого мы уже знакомы. Он обратил вни-



Рис. 91. Бабочки — левана (1) и прорза (2).

вание на то, что у этого вида куколки, дающие темное летнее поколение — прорзу, развиваются летом, куколки же, из которых выходят весной рыжие леваны, зимуют. Это подало Вейсманну мысль получить искусственно из куколок вместо прорзы левану, помещая летних куколок в пониженную температуру, и, наоборот, вместо леваны прорзу, действуя на них повышенной температурой. Опыт этот дал ожидаемый результат, чем было доказано, что наряд каждого из поколений данного вида зависит от тех температурных условий, в которых протекает развитие куколки. Таким образом, была выяснена причина сезонного диморфизма.

Вслед за опытами Вейсмана такие же опыты над влиянием температуры были произведены многими исследователями и над другими видами бабочек, у которых уже не наблюдается сезонного диморфизма. При этом оказалось, что необычные температурные условия, действующие на куколку, могут изменить окраску и этих форм, и иногда при этом получается сходство с так называемыми местными разновидностями того же вида. Так, действуя температурой около 0° на куколок нашей обыкновенной крапивницы, можно получить бабочек, напоминающих по окраске ее полярную разновидность, водящуюся в Лапландии, а нагревание куколок до $37-39^{\circ}$ вызывает сходство с другой ее местной разновидностью, которая встречается на Корсике. Еще более низкие или более высокие температуры вызывают более сильное изменение окраски бабочек, которое, как говорилось уже в предыдущей главе, оказывается даже частично наследственным (см. стр. 115). Все это доказывает тесную зависимость организмов от температуры и других условий окружающей среды.

У высших животных под влиянием низкой температуры иногда возникают сезонные изменения окраски одной и той же особи, которая в этих случаях на зиму становится белой, как это наблюдается у зайца-беляка, ласки, горностая, белой куропатки и других. Впрочем, это явление относится скорее уже к случаям покровительственной окраски.

Покровительственная окраска.

Покровительственная окраска очень распространена в животном царстве; сущность ее сводится к тому, что очень многие формы окрашены под цвет той среды, в которой они живут. Жители листвы, вроде всем известного зеленого кузнечика или зеленой лягушки-древесницы, бывают часто зеленого цвета; в пустынях преобладающей окраской животных является песчаный цвет; обитатели полярных стран имеют по большей части белую окраску или приобретают ее на зиму; жители моря, плавающие на его поверхности, вроде хотя бы медуз, имеют прозрачное студенистое тело и т. д., и т. д. Польза покровительственной окраски совершенно очевидна: делая животное мало заметным, она защищает его

тем самым от врагов или позволяет лучше подкрадываться к добыче; отсюда и широкое распространение данного явления.



Рис. 92. Бабочка *Xylina vetusta*: 1 — на лету, 2 — в сидячем положении.

Иногда дело идет в этом направлении и дальше, и животное имеет не только окраску, сходную с цветом какого-нибудь предмета, но и напоминает в известном положении его по форме и другим особенностям. В этом случае говорят уже о подражании или о подражательной окраске, при чем это явление особенно часто встречается у многих насекомых. Так, некоторые бабочки во время покоя, со сложенными крыльями, очень похожи на кусок коры или на опавший сучек (рис. 92), а некоторые тропические формы, будучи ярко окрашены с верхней стороны крыльев, имеют в сидячем положении такую форму крыльев и расположение жилок на них, что удивительно напоминают лист на дереве с его черешком, главной и боковыми жилками и т. д. (рис. 93). Гусеницы наших ночных бабочек, называемых пяденицами, в случае тревоги, втягивают свое тело и складывают ножки так,



Рис. 93. Бабочки *Kallima paralecta* (1 и 2) и *Siderone strigosa* (3 и 4) — на лету и в сидячем положении.

т. д. (рис. 93). Гусеницы наших ночных бабочек, называемых пяденицами, в случае тревоги, втягивают свое тело и складывают ножки так,

что их трудно отличить от засохшей ветки дерева, на котором они живут (рис. 94), и т. д. Такие же случаи известны у других насекомых, особенно тропических, у пауков, некоторых рыб, подражающих водорослям, и т. д. — польза чего, конечно, совершенно очевидна.

Еще любопытнее, что иногда наблюдается подражание животных уже не тем или иным предметам мертвого мира или частям растений, а другим близким к ним животным, которые чем-нибудь защи-

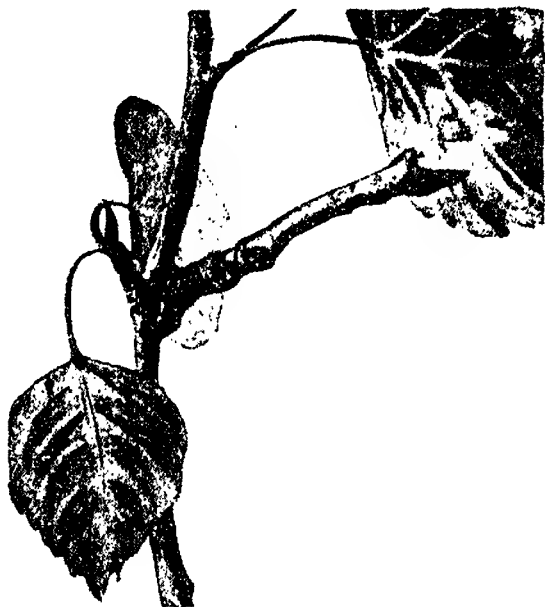


Рис. 94. Гусеница пяденицы, подражающая сучку.

щены от врагов: например, неядовитая форма подражает ядовитой или беззащитное насекомое другому, у которого есть жало, и т. п. Для этих случаев существует особое название — мимикрия или миметизм, при чем в некоторых из них сходство между обеими формами так велико, что вводило в заблуждение не только врагов подобных форм, но и специалистов-систематиков. Два случая этого рода изображены на наших рис. 95 и 96, при чем наверху помещены те лучше защищенные формы, которым подражают (так называемые модели), а внизу те, которые подражают (так называемые подражатели). На рис. 95 мы видим подражание одного из жуков острова Борнео осе, защищенной от врагов жалом, а на

рис. 96 такое же подражание нашей беззащитной бабочки сезии крупной осе-шершню. Конечно, подобное подражание чрезвычайно

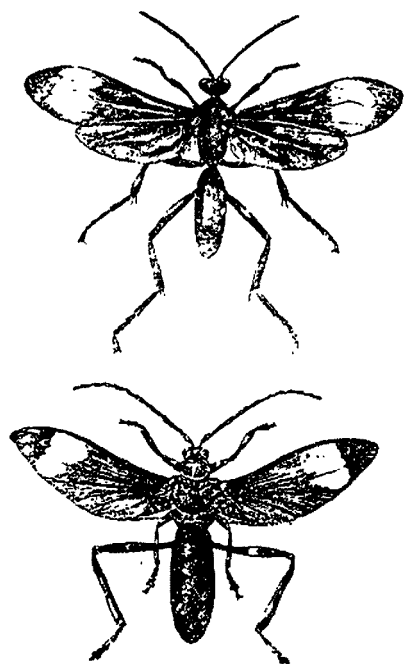


Рис. 95. Жук (внизу), подражающий осе (наверху).

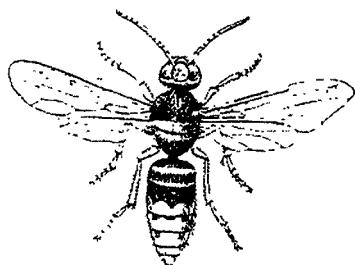


Рис. 96. Бабочка сезия (внизу), подражающая осе-шершню (наверху).

полезно для той формы, которой оно свойственно, ибо различные насекомоядные птицы и другие животные не трогают таких форм, принимая их за их лучше защищенные модели.

Географическое распространение животных и растений.

К экологии, т.-е. учению о взаимоотношениях живых существ и их отношениях к окружающей среде, близка другая биологическая дисциплина, изучающая распространение организмов на земле и носящая название географии животных и растений, или биогеографии.

Каждый вид животных и растений — за немногими исключениями, которые встречаются по всей земле и называются космополитами, — имеет свойственную ему область распространения. У одних видов последняя очень велика, у других, напротив, совсем незначительна, сводясь к какому-нибудь ограниченному месту на земной поверхности (один жук, например,

водится лишь на Дудергофских высотах под Ленинградом); в одних случаях области распространения непрерывные или сплошные, в других разбединенные (многие виды встречаются лишь в Альпах и на Кавказе и т. д.): все это и изучается биогеографией. Другой еще более важной задачей биогеографии является расчленение всей поверхности земного шара на известные области, для каждой из которых характерны те или иные животные и растения, как говорят, та или иная фауна и флора. И в том и в другом направлении собран обширный фактический материал, который сам по себе для нас менее интересен, а интересны, конечно, главным образом, его общие выводы. Наиболее важен среди них вопрос о причинах современного распространения организмов на земле, т. е. о причинах того, что она делится на различные биогеографические области. На этом мы и должны теперь остановиться.

Казалось бы, все изложенное нами выше о тесной зависимости организмов от температуры, влажности и других внешних условий не оставляет сомнения в том, что именно они-то, т. е. все то, что называют климатом данной местности, и определяют собою расселение животных и растений. И действительно, климатические и вообще физико-географические условия сильно влияют на распространение организмов, особенно растений.

По характеру растительности всю землю от северного до южного полюса можно разделить на несколько поясов, а именно: северный пояс тундры, лишенный настоящей лесной растительности, затем северный пояс лесов, который переходит в северный пояс степей и пустынь, а за ним следует экваториальный пояс лесов; в южном же полушарии те же самые пояса (степей, лесов и тундры) повторяются в обратном порядке. При этом граница поясов в значительной степени определяется температурой и не столько средней годовой, сколько средней летней. Так, граница северного пояса тундры и умеренного лесного пояса более или менее совпадает с линией (как говорят, изотермой), соединяющей точки, в которых средняя летняя температура равна $+10^{\circ}$. Однако, ни температура, ни другие физико-географические условия не могут объяснить нам резкого различия, например, растительности Австралии от растительности других стран с таким же климатом и прочими сходными условиями, еще нагляднее это выступает на распространении животных.

В самом деле, с одной стороны, мы видим, что северная часть Африки отделена от южной Европы Средиземным морем, между тем по своим животным они отличаются друг от друга не более, чем различные страны Европы; с другой же стороны, Северная и Южная Америка, соединенные друг с другом перешейком, имеют совершенно различные фауны, так что в этом отношении различие между ними даже больше, чем между Северной Америкой и Европой. Другой пример: южная Африка и остров Мадагаскар отделены сравнительно небольшим проливом, между тем по своему животному царству они чрезвычайно отличаются друг от друга. На Ма-

дагаскаре, например, совсем не встречается крупных млекопитающих (слонов, носорогов, львов и др.), которые так характерны для Африки, но зато очень много представителей особого отряда — полуобезьян, которых в Африке сравнительно мало, и т. д. В общем по своей фауне и флоре Мадагаскар и Африка гораздо менее сходны друг с другом, чем Великобритания и Япония, удаленные друг от друга чуть не на целое полушарие.

Эти примеры наглядно показывают, что одних физико-географических условий и климата для объяснения распространения животных и растений недостаточно, и что последнее в гораздо большей мере обуславливается чем-то иным. Как показали специальные исследования, это иное сводится к прошлому земли — во-первых, к геологической истории каждой местности и, во-вторых, к истории самих организмов. Здесь мы приходим таким образом, к чрезвычайно важному вопросу о происхождении организмов, которому необходимо уже посвятить особую главу. После разбора его нам станут вполне ясны причины и современного распространения организмов и многих из тех явлений, которые были рассмотрены в настоящей главе. Здесь же, чтобы не возвращаться более к данному вопросу, мы перечислим те главные биогеографические области, на которые делится теперь земная поверхность (см. карту, изображенную на рис. 97, на которой нанесены эти области).

Животный мир Европы и большей части Азии за исключением ее южных полуостровов очень сходен друг с другом, почему из этих частей света и делают одну общую область — умеренную область Старого Света или палеарктическую (палеос — древний, старый). Ближе всего к ней по своей фауне и флоре Северная Америка, где встречаются или те же самые виды, что и в Старом Свете, или довольно близкие к ним. Из Северной Америки делают другую область — умеренную область Нового Света или неарктическую (неос — новый). Сходство этих областей друг с другом настолько велико, что многие склонны соединять их в одну, называемую тогда просто арктической, при чем эта обширная область охватывает громадную часть суши.

Тропические страны земли в отличие от стран умеренного пояса отличаются по своей фауне и флоре гораздо больше друг от друга, так что о соединении их в одну общую область не может быть и речи, и их приходится разделять по крайней мере на три области. Одна из них охватывает почти всю Африку и называется эфиопской, другая заключает в себе южные части Азии (Индостан, Индо-Китай, Зондские острова) и носит название индийской, или восточной, наконец, третья заключает Южную Америку и называется неотропической (тропической областью Нового Света).

Из них эфиопская и индийская область все же сравнительно близки друг к другу, и многие формы в роде слонов, носорогов, некоторых обезьян и т. д. являются у них общими. Напротив, Южная Америка по своей фауне стоит совершенно особняком, и

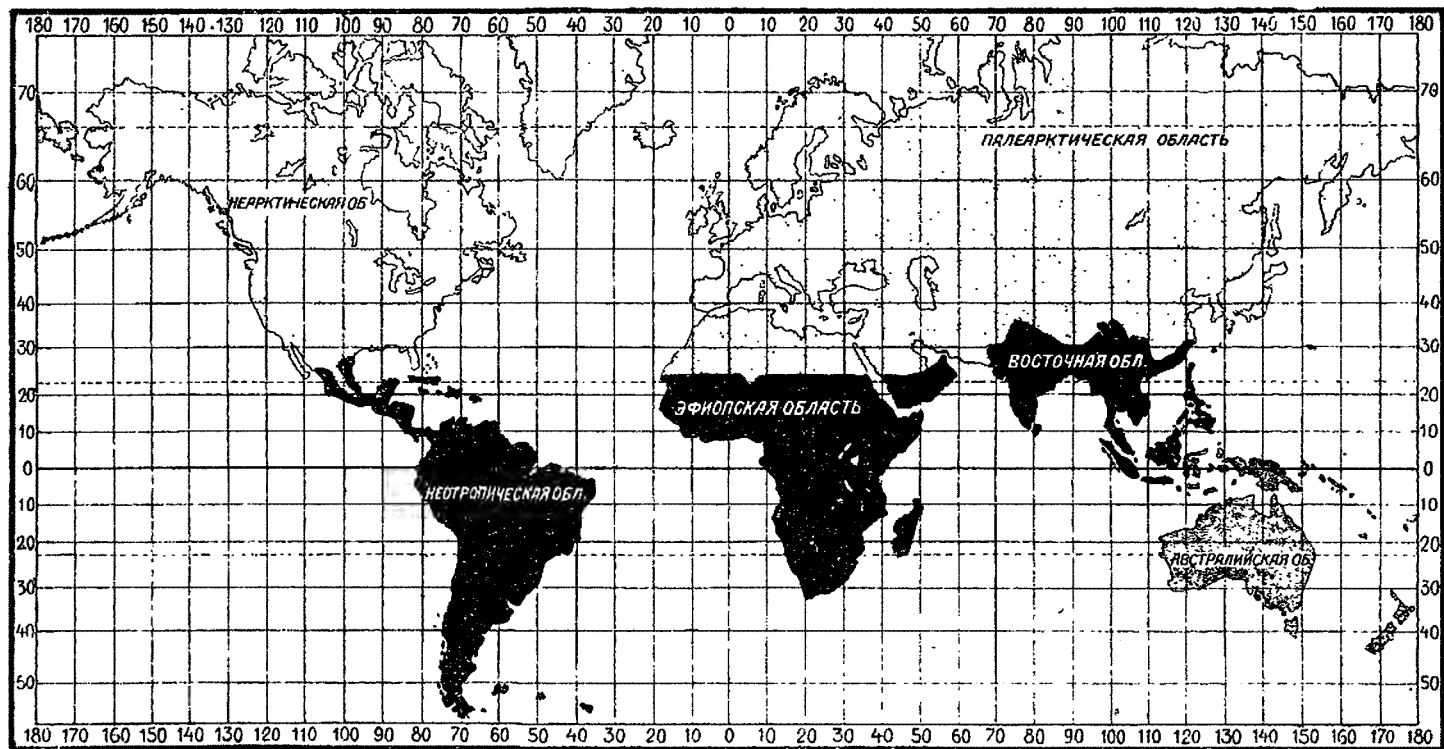


Рис. 97. Главные биогеографические области.

вместо тех животных, которые характерны для Старого Света, мы встречаем здесь ряд других: вместо верблюдов — ламу, вместо льва и тигра — пуму и ягуара и т. д., а также целый ряд свойственных только неотропической области форм. Иногда из эфиопской области выделяют в виде особой области Мадагаскар, о своеобразии которого говорилось выше.

Еще более своеобразна, чем фауна Южной Америки и Мадагаскара, фауна и флора Австралии и прилегающих к ней островов Тихого Океана, при чем все эти страны объединяются в австралийскую область. Для последней характерно отсутствие большинства отрядов млекопитающих, свойственных другим областям, но зато встречаются самые низшие из млекопитающих: сумчатые вроде общеизвестного кенгуру (рис. 73) и еще ниже их стоящие яйцекладущие млекопитающие — утконос и ехидна. В Новой Зеландии вообще не встречается млекопитающих, кроме завезенных человеком, почему многие выделяют ее в особую область подобно Мадагаскару.

Значение всех этих фактов станет для нас ясно из следующей главы, когда мы познакомимся с вопросом о происхождении организмов и их историей, а пока мы можем на этом заключить нашу краткую экскурсию в область вопросов географического распространения животных и растений.

ГЛАВА ВОСЬМАЯ.

Как произошли организмы.

Идея эволюции. — Теория Дарвина. — Доказательства эволюционной идеи: из области экологии — морфологии — палеонтологии — биогеографии.

Идея эволюции.

Рассмотрение различных сторон жизни организмов неизбежно приводит нас к вопросу о том, как произошли последние, откуда появился на земле ее богатый мир живых существ со всеми их разнообразными особенностями. На этот вопрос возможны два ответа или допущения: или все организмы, как и весь мир, созданы сверхъестественной силой, путем творческого акта, или же они развились постепенно, естественным путем. И тот и другой ответ на этот вопрос очень древнего происхождения: с идеей творения живых существ мы встречаемся во всех религиозных системах самых различных народов, и в то же время еще в древности многие мыслители (Эмпедокл, Демокрит, Лукреций Кар) отстаивали мысль о саморазвитии мира и естественном происхождении организмов.

К тому времени, когда биология сложилась в самостоятельную дисциплину, т.-е. к началу XVIII века, в науке установилась первая из этих точек зрения, нашедшая свое выражение в знаменитом изречении Линнея: „Существует столько различных видов, сколько их было в начале сотворено“. Так же смотрело на этот вопрос и большинство натуралистов того времени.

Однако помимо этого господствовавшего в науке взгляда существовал и другой, в пользу которого раздавались отдельные голоса, именно, что животные и растительные виды изменяются и все существующие теперь организмы произошли из других, когда-то живших на земле, путем медленного и постепенного изменения или эволюции. Сторонниками этой идеи были, например, современник Линнея известный французский естествоиспытатель Бюффон и некоторые из французских мыслителей того времени (энциклопедистов), но ни одному из них не удалось облечь свои взгляды в форму строго научной теории, опирающейся на проверенный фактический материал, и в науке продолжало господствовать учение о постоянстве всех органических форм.

В начале XIX века число сторонников идеи эволюции увеличилось и среди них особенно выделились два французских ученых — Ламарк и Жоффруа Сент-Илер. Ламарк доказывал, что всем

организмам свойственно известное стремление к усложнению организации, отчего и происходит их эволюция, с другой же стороны, при этом играют роль и внешние условия. На большинство животных последние действуют не прямо, а косвенным образом: меняются внешние условия — меняются и потребности животных и их привычки, благодаря чему одни органы начинают употребляться больше, другие — меньше, и в результате этого изменяется весь облик животного. Именно таким путем, по Ламарку, появились плавательные перепонки на ногах водяных птиц, удлинилась шея у жирафы, исчезли глаза у многих слепых форм и т. д.

В отличие от Ламарка, который объяснял эволюцию стремлением организмов к прогрессу и употреблением и неупотреблением органов, Жоффруа Сент-Илер думал, что медленное и постепенное изменение организмов в течение ряда веков происходило только под прямым влиянием изменений внешней среды: менялись внешние условия, менялась и вся организация многих живых существ, или же они должны были погибнуть.

Однако идеи Ламарка и Ж. Сент-Илера не могли изменить глубокого убеждения большинства натуралистов в постоянстве видов. Последнее поддерживалось и крупнейшим авторитетом того времени — Кювье, который в одном из споров по этому вопросу одержал решительную победу над Сент-Илером, что не могло не отразиться на общем отношении к эволюционной идее.

Теория Дарвина.

Лишь в середине XIX века английскому натуралисту Чарльзу Дарвину удалось создать теорию изменчивости видов или эволюции, которая сразу вытеснила старое учение о постоянстве организмов и играет с тех пор громадную роль в науке. Его учение изложено им впервые в книге „Происхождение видов путем естественного подбора“, которая вышла в 1859 году, и этот год может считаться своего рода поворотным пунктом в биологии. Посмотрим, в чем состоит сущность этого учения или теории Дарвина.

Дарвин прежде всего обратил свое внимание на те формы, которые до него в общем мало интересовали натуралистов, а именно на прирученных животных и на возделываемые растения. Эти животные и растения отличаются тем, что каждое из них встречается не в виде одной какой-нибудь формы, подобно большинству диких видов, а обыкновенно в виде большого количества различных пород, нередко очень сильно отличающихся друг от друга. На рис. 98 изображено несколько пород нашего домашнего голубя, и по этому рисунку хорошо видно, насколько такие породы могут отличаться друг от друга по оперению, строению клюва, форме головы, шеи, ног и т. д. При этом различия между ними не ограничиваются чисто внешними признаками, а отражаются на внутренней организации, например, на скелете, так что будь подобные

формы найдены в диком состоянии, они наверное были бы отнесены к различным видам. То же самое имеет место и у других домашних животных и растений, и невольно является вопрос, откуда взялись все эти породы и чем можно объяснить столь заметные различия их друг от друга?

Происхождение культурных животных и растений не вызывает никаких сомнений, так как хорошо известно, что все они произошли



Рис. 98. Породы голубей: 1 — голубь-чайка, 2 — голубь-дутыш, 3 — английский гонец, 4 — трубастый голубь, 5 — польский голубь; в середине рисунка дикий голубь (*Columba livia*).

от диких, когда-то прирученных человеком и изменившихся затем под влиянием одомашнения. В некоторых случаях человек приручал несколько близких видов, которые могли дать начало различным породам благодаря скрещиванию их друг с другом. Так обстояло дело, например, у предков нашей домашней собаки, которая происходит, повидимому, от нескольких прирученных человеком видов рода Собака (*Canis*): от волка (*Canis lupus*), шакала (*Canis aureus*) и других. Однако, для очень многих из наших домашних животных и растений справедливо как раз обратное, т.-е. происхождение их лишь от одного прирученного вида. Так, все породы

кур произошли от встречающейся и теперь в Индии дикой красной курицы (*Gallus bankiva*), все породы голубей—от изображенного на рис. 98 (в середине) европейского дикого голубя (*Columba livia*), все породы яблони—от дикой яблони (*Pyrus malus*) и т. д. Очевидно, смешение нескольких видов даже там, где оно происходило, еще недостаточно для объяснения многообразия пород почти всех наших домашних форм, и причина последнего кроется в чем-то другом. Объясняется это, по Дарвину, так называемым искусственным подбором, который становится возможным благодаря изменчивости всех организмов, в том числе и прирученных человеком.

Изменчивость организмов представляет из себя явление, хорошо знакомое каждому, так как под этим именем понимают тот факт, что все живые существа несколько отличаются друг от друга своими личными или, как говорят, индивидуальными особенностями, почему даже среди родных братьев и сестер нельзя найти двух особей, вполне подобных друг другу, и они всегда имеют какие-нибудь отличительные, свойственные каждой из них, особенности. Подобные индивидуальные изменения больше всего бросаются нам в глаза у людей, но они хорошо заметны и у наших домашних животных и растений, и вот этой-то индивидуальной изменчивостью человек издавна пользуется для получения нужных ему пород путем искусственного подбора.

Под искусственным подбором Дарвин понимал широко распространенное с незапамятных времен стремление каждого сельского хозяина, садовода или любителя каких-нибудь животных получать новое поколение лишь от тех особей, которые отличаются каким-нибудь выгодным или желательным для него признаком. Усовершенствование всех пород наших домашних животных и растений произошло именно в результате подобного подбора производителей: из поколения в поколение оставлялись на племя или на семена лишь такие особи, которые отличались в каком-нибудь отношении от других форм того же вида, пока не получалась особая порода, всем представителям которой была свойственна данная особенность. Таким путем и были получены все своеобразные породы наших домашних форм, при чем, в частности, при выводе изображенных на рис. 98 пород голубей для получения польских голубей оставлялись для размножения формы с возможно более коротким и толстым клювом, для получения трубастой породы—голуби с сильно развитым хвостом и т. д. Благодаря тому, что подобный искусственный подбор применялся различными любителями в разных направлениях, и получились породы, не похожие ни друг на друга, ни на общую им всем исходную форму—дикого голубя (*Columba livia*). Этим же путем новые породы получают постоянно и теперь у самых различных прирученных видов.

Таким образом, можно признать доказанным, что все существующие в настоящее время породы домашних животных и культурных растений созданы самим человеком путем искусственного подбора и благодаря существованию изменчивости. Вывод этот

(не заключающий в себе, впрочем, чего-либо нового) Дарвин распространил и на всю природу, при чем, согласно его теории, и среди диких форм происходит также подбор, вызывающий появление новых видов.

Подобно домашним животным и растениям, все организмы, живущие в естественном состоянии, обнаруживают такие же индиви-

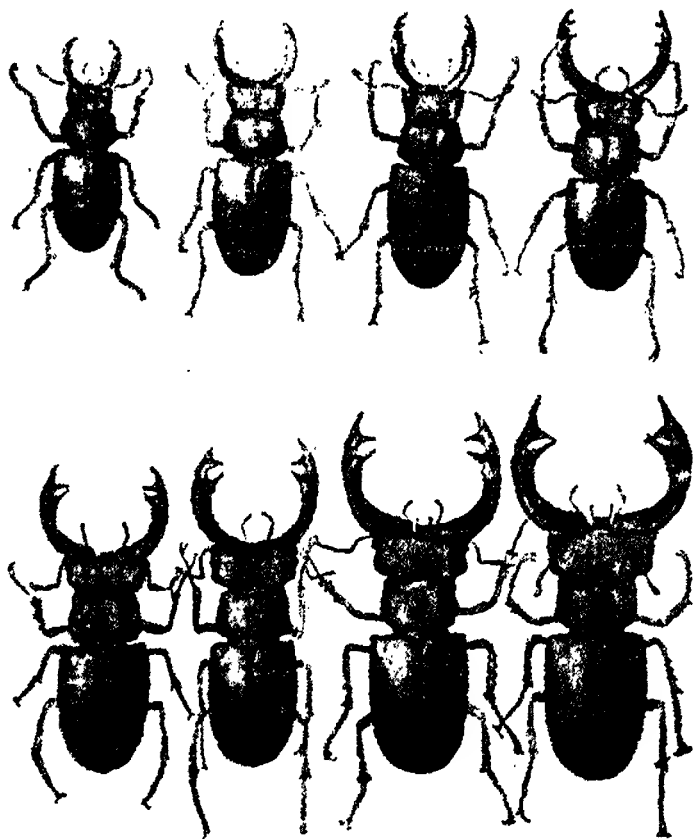


Рис. 99. *Жук-олень*. Все восемь экземпляров — самцы и изображены в одном масштабе.

дуальные различия, как те, которыми у прирученных форм человек пользуется для искусственного подбора. Обычно эти изменения мало бросаются в глаза, но они также отличаются самым широким распространением в природе, встречаются решительно у всех организмов и касаются самых разнообразных особенностей как внешнего, так и внутреннего строения, различных отправления и т. п. Приведем только два примера этого явления, которые касаются индивидуальных различий в размерах и в окраске. На рис. 99

мы видим восемь экземпляров жука-олени, которые заметно отличаются друг от друга как общей величиной тела, так особенно размерами их верхних челюстей. На рис. 100 изображены такие же колебания в окраске и рисунке крыльев у одной из ночных бабочек, шелкопряда-монашенки, которая, подобно многим другим формам, довольно изменчива в этом отношении. Вместо величины и окраски можно было бы взять и любую другую особенность — например, число каких-либо изменчивых образований (чешуй, зубцов) у того или иного организма — и при этом получилось бы то же самое, т.-е. ряд постепенных переходов от самой богатой к самой бедной ими форме.

В приведенных сейчас примерах индивидуальной изменчивости, как это обычно бывает, крайние формы таких рядов (самый большой и самый маленький жук, самая светлая и самая темная бабочка) связаны рядом постепенных переходов. Однако мы уже знаем, что известны случаи, когда в пределах одного и того же вида встречаются две или более формы, довольно заметно отличающиеся друг от друга, но отнюдь не связанные между собою подобной цепью переходов, при чем одну из них называют в этих случаях основной или типичной формой данного вида, другие же — его разновидностями. На рис. 101 мы видим, например, нашу обыкновенную бабочку белянку-брюквенницу, а рядом с ней ее горную разновидность, отличающуюся от основной формы более темной окраской; такие же разновидности известны и у очень многих других видов (напомним хотя бы про упоминавшиеся выше полярную и корсиканскую разновидности бабочки-крапивницы и многие другие). В этих примерах дело идет о местных разновидностях, встречающихся в иных местах, чем основная форма, но известно много и таких случаев, когда и основная форма и разновидность того же вида попадают в одной и той же местности. Точное определение понятия „разновидности“ еще труднее, чем понятия „вида“, и нередко то, что одними систематиками считается за разновидность, другими признается за самостоятельный вид, но вообще за разновидность принято считать особую форму данного

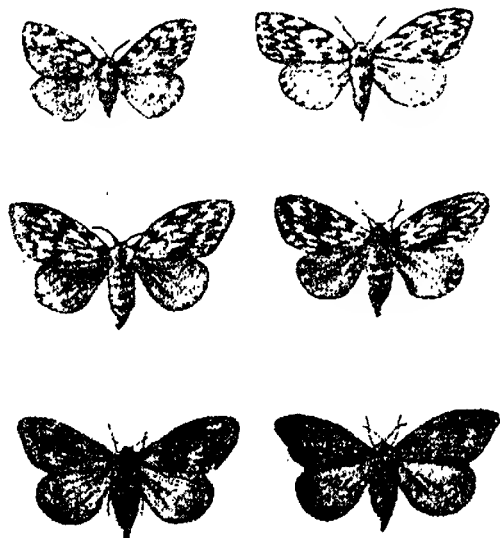


Рис. 100. Изменения в окраске у шелкопряда монашенки.

вида, отличающуюся от основной или типичной формы его сравнительно незначительными признаками.

Основное положение теории Дарвина и гласит, что между видами и разновидностями, с одной стороны, и между разновидностями и индивидуальными различиями, с другой, нельзя провести резкой границы. Мы считаем, например, горную разновидность брюквенницы за особую разновидность, так как между нею и обыкновенной брюквенницей нет ряда постепенных переходов, но по существу наиболее темная форма шелкопряда-монашенки отличается от его наиболее светлой формы отнюдь не меньше, если даже не больше, и вполне допустимо, если признать самых светлых монашенков за основную форму этого вида, видеть в самых тем-



Рис. 101. *Бабочка брюквенница* (слева) и ее горная разновидность (справа).

ных экземплярах уже не крайнее индивидуальное уклонение, а самостоятельную разновидность. С другой стороны, хорошо выраженные разновидности столь же незаметно переходят в самостоятельные виды.

Объясняется все это тем, что, по мнению Дарвина, индивидуальные различия являются первыми шагами к образованию разновидностей, а последние — такими же ступенями для образования видов, так что хорошо выраженная разновидность есть зачаточный вид, а резко выраженное индивидуальное уклонение — зачаточная разновидность. Словом, как при искусственном подборе из мелких индивидуальных отличий получают новые породы, так и в естественном состоянии из подобных же индивидуальных изменений возникают новые разновидности и новые виды.

Что же, однако, играет в природе ту роль, которая при искусственном подборе выпадает на долю человека, и какой подбор индивидуальных изменений происходит в естественном состоянии для возникновения и здесь новых форм? На это мы также находим исчерпывающий ответ в теории Дарвина.

Мы знаем уже, что большинство живых существ обладает очень большой способностью к размножению, настолько сильной, что не будь в природе для нее естественных препятствий, каждый вид очень скоро расплодился бы до такой степени, что для него не хватило бы ни средств к существованию, ни даже места на земле. Еще Линней высчитал, что если бы какое-нибудь однолетнее растение производило только по два семени (на самом деле их образуется всегда значительно больше) и ни одно из семян, а также выросших из них растений не пропадало бы, то через 20 лет потомство первого растения достигло бы миллиона. Дарвин произ-

вел подобный же подсчет для слона, плодящегося медленнее других животных (за свою столетнюю жизнь пара слонов производит не более 6 детенышей), и оказалось, что при том же условии потомство одной пары этих животных через 750 лет достигнет 19 миллионов. Что же будет при беспрепятственном размножении таких форм, у которых, как у некоторых видов термитов, самки производят по несколько тысяч яиц в день!

Между тем, несмотря на это, число особей каждого вида в известной местности остается все время приблизительно постоянным, насколько позволяет место и средства к существованию. Очевидно, далеко не из каждого яйца получается новый организм, да и большинство последних гибнет, не оставляя потомства, так что лишь уделом сравнительно немногих является возможность дожить до периода размножения и дать начало новым особям. Происходит это в силу самых различных причин: из-за неблагоприятных климатических условий, недостатка пищи, благодаря хищникам, болезням и пр. В результате подобного положения вещей, между появляющимися на свет новыми особями каждого вида возникает своего рода жизненная конкуренция или борьба за существование, как ее назвал Дарвин, при чем в этой борьбе за жизнь, за средства существования каждое животное или растение стремится дожить до своего предельного возраста и оставить потомство. Нередко борьба за существование происходит и между особями различных видов (хотя бы между хищниками, питающимися одинаковой пищей), но наиболее сильна она всегда между особями, относящимися к одному виду, условия жизни которых наиболее близки друг к другу. Конечно, во всех этих случаях данное явление не следует понимать в смысле прямой борьбы организмов друг с другом, а в более широком смысле, именно как жизненную конкуренцию.

Кто же, однако, остается победителем в этой борьбе за существование, которая разыгрывается среди самых различных видов на земле? Благодаря тому, что организмы никогда не бывают совершенно одинаковы, а отличаются рядом индивидуальных особенностей, это не может зависеть только от случая, и наибольшие шансы на победу в борьбе за существование имеет всегда та особь, которая отличается от других какой-нибудь выгодной для нее особенностью, ставящей ее в лучшие условия по сравнению с другими. Таким образом, в результате борьбы за существование и происходит обычно выживание наиболее приспособленных, т.-е. получается тоже известный подбор, который Дарвин назвал естественным подбором.

Словом, получается довольно полная аналогия между приемами практикуемыми человеком при получении новых пород, и теми отношениями, которые имеют место в природе. Человек совершает искусственный подбор производителей с одним каким-нибудь выгодным или желательным для него признаком и получает новую породу. В природе роль человека играет борьба за существование

благодаря которой происходит выживание наиболее приспособленных особей, отличающихся какими-нибудь выгодными для них особенностями; благодаря этому естественному подбору потомство и здесь получается лишь от форм, имеющих только известные признаки, которые передаются из поколения в поколение, пока не появится новая разновидность, а затем и вид.

Однако, в природе при естественном подборе никогда не получается так много различных форм, как при искусственном, что вполне и понятно. Человек по своему произволу заставляет развиваться у домашних животных и растений то один, то другой признак, и среди выведенных им пород встречается не мало таких, которые, вроде хотя бы уродливых иоркширских свиней, маленьких комнатных собачек и т. п., были бы, вероятно, совершенно неспособны к самостоятельному существованию в естественных условиях. В природе же, под влиянием естественного подбора возникают такие формы, которые хорошо приспособлены к окружающим условиям, почему число разновидностей у диких видов обыкновенно и бывает не так велико. Второе различие между двумя видами подбора заключается в быстроте и силе их действия. Естественный подбор происходит настолько медленно, что мы обычно и не замечаем его, но зато этим путем в течение ряда поколений получают вполне стойкие формы. При искусственном же подборе новые формы получают довольно быстро, но они гораздо менее стойки, так что у большинства выведенных человеком пород их отличительные особенности быстро исчезают, как только их представители попадают в естественные условия и дичают.

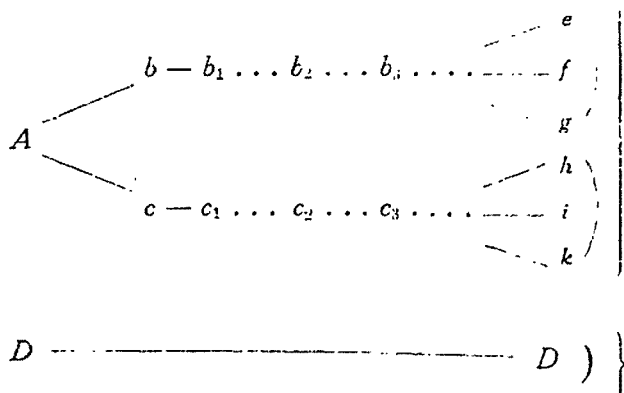
Таким образом, по Дарвину, происходит эволюция организмов, т.-е. их медленное и постепенное изменение в течение ряда веков под влиянием борьбы за существование и естественного подбора. Однако, до сих пор мы говорили лишь о возникновении новых пород и разновидностей—в лучшем случае, новых видов, т.-е. вообще низших систематических единиц. Каким же образом, если эволюция действительно имеет место в природе, возникают новые роды, семейства и вообще все высшие единицы систематики? Все это происходит, по Дарвину, благодаря двум привходящим явлениям: расхождению признаков и вымиранию промежуточных форм.

Расхождение признаков является неизбежным следствием деятельности подбора в различных направлениях и хорошо заметно уже у наших домашних животных. Например, у пород голубей, изображенных на рис. 98, по сравнению с их общим предком, диким голубем, произошло расхождение признаков благодаря тому, что любители голубей производили подбор в различных направлениях и преследовали при выведении новых форм различные цели. То же самое имеет место и в природе, так как особи, принадлежащие к одному виду, зачастую живут в различных местностях и в различных условиях существования. Благодаря этому, в одной местности и при одних условиях для них выгоднее иметь более развитой одну особенность, в других случаях—другую, почему

и естественный подбор происходит при этом в различных направлениях. В результате при этом получатся две различных разновидности, т.-е. и здесь произойдет расхождение признаков, как при выведении пород человеком. Так как и далее процесс естественного подбора будет идти, конечно, тоже в различных направлениях, то с каждым новым поколением расхождение признаков будет становиться все более и более сильным, пока каждая из данных разновидностей не уклонится так далеко от исходной формы, что станет уже самостоятельным видом.

Появление новых разновидностей связано, конечно, с приобретением ими каких-нибудь новых выгодных особенностей, которых нет у исходной формы, почему последняя оказывается побежденной в борьбе за существование и исчезает совсем. Когда каждая из новых разновидностей даст начало новому виду, исчезнут по той же самой причине и эти разновидности, так что связи между обоими новыми видами уже не будет. В этом и состоит вымирание промежуточных форм, которое вместе с расхождением признаков способствует все большему и большему обособлению возникающих новых видов друг от друга.

Предположим, в один из отдаленных периодов жизни земли где-нибудь на ней водилось два вида — A и D , настолько близкие друг к другу, что их можно было бы отнести к одному роду. В процессе эволюции вид A через несколько поколений распался на две разновидности b и c , которые еще спустя некоторое время дали начало новым видам b_1 и c_1 . Этот же процесс продолжался затем и дальше, так что в настоящее время в качестве прямых, хотя и сильно измененных потомков вида b_1 , мы встречаем три самостоятельных вида e , f и g , а в качестве потомков вида c_1 тоже три самостоятельных вида h , i и k . Предположим далее, что вид D , живший в каких-то особо благоприятных условиях, за это время совсем не изменился. Все это можно изобразить в виде следующей схемы:



Итак, в настоящее время вместо двух прежних видов A и D встречаются в качестве их потомков виды e, f, g, h, i, k и D . Все промежуточные формы между ними (A, b, c, b_1, c_1 и т. д.) давно уже вымерли, и современные систематики имеют дело лишь с ныне живущими видами, которые и приходится размещать в системе. Благодаря приобретению новыми формами ряда новых особенностей, которых не было у исходной формы A , все эти виды нельзя уже соединить в один род с видом D , который остался на более низкой ступени развития. С другой стороны, виды e, f и g , являющиеся потомками вида b_1 , составят по своим особенностям одну естественную группу, а виды h, i и k — другую такую же группу, и каждую из них скорее всего и можно рассматривать, как особый род. Что касается до вида D , то его придется, благодаря более простой организации, выделить не только в особый род, но и в особое семейство, а может быть даже в самостоятельный отряд, как показано на нашей схеме скобками справа.

В конечном итоге благодаря расхождению признаков и вымиранию промежуточных форм из двух старых видов получилось не только 7 новых, но и возникло вместо одного рода три рода и два семейства, а может быть и отряда. Таким образом, по Дарвину, в процессе эволюции из сравнительно небольшого числа форм и могли получиться все наши более крупные систематические единицы и вообще все многообразие животного и растительного царства. Размещение же различных форм по тем или иным систематическим группам выражает лишь их более или менее близкое происхождение от общих предков.

Такова сущность теории Дарвина в ее наиболее общей форме. В ней нужно различать две стороны: во-первых, учение об изменчивости всех организмов, или их эволюции, и, во-вторых, учение о подборе, как о главном двигателе этого процесса. Первое, конечно, гораздо важнее, и бессмертную заслугу Дарвина и составляет, прежде всего, введение в биологию эволюционной теории и строго научное обоснование последней. Посмотрим теперь, чем можно доказать справедливость эволюционной идеи, т.-е. того, что организмы не были созданы в готовом виде сразу, а возникли путем медленных и постепенных изменений.

Доказательства эволюционной идеи из области экологии.

Доказательства эволюционной идеи можно черпать из самых различных отделов биологии, так как только идея эволюции освещает нам целый ряд непонятных без этого явлений. Обратимся прежде всего к тем фактам, о которых была речь в предыдущей главе, т.-е. к различным отношениям организмов или к данным экологии.

Начнем с покровительственной и подражательной окраски. Конечно, можно предположить, что животные сразу получили их в готовом виде, но не легче ли допустить, что эти явления воз-

никили в результате борьбы за существование и естественного подбора? Совершенно ясно ведь, что наибольшие шансы выжить имеют именно те организмы, которые окрашены под цвет окружающей среды, так что если животное имело несколько цветов, то в процессе естественного подбора должен был вытеснить все остальные тот из них, который лучше других защищает своего обладателя от врагов: зеленый у жителей листвы, песчаный в пустынях и т. д. Так возникала сперва простая покровительственная окраска, но так как процесс подбора продолжался и дальше, то она могла углубляться и переходить в более сложные случаи подражательной окраски и даже миметизма, раз все эти приспособления обеспечивали их обладателям перевес в борьбе за существование. При этом вслед за сходством окраски постепенно возникало сходство формы, а уже затем вырабатывались различные детали рисунка и т. п. Таково чисто эволюционное объяснение данных явлений.

Перейдем к случаям сожительства организмов друг с другом — к симбиозу и паразитизму. Конечно, предположение, будто многие виды были сразу созданы для совместной жизни друг с другом — рак-отшельник с актинией, муравьи с тлями, хозяева с их всевозможными паразитами — трудно признать особенно научным. Иначе объясняет все эти явления эволюционная теория, согласно которой предки современных сожителей вели когда-то независимый друг от друга образ жизни, а затем перешли к совместной жизни друг с другом, так как она обеспечивала им известные преимущества в борьбе за существование.

С каким бы сложным случаем симбиоза в частности мы ни имели дело, всегда приходится предположить, что ему предшествовала когда-то независимая друг от друга жизнь обоих сожителей и что более сложные случаи взаимного сожительства произошли из более простых. Свободный образ жизни обоих организмов переходил, вероятно, сперва в менее тесные случаи симбиоза — например, в простое пользование помещением другого вида, из этого развивалось нахлебничество, при котором один организм пользуется остатками стола другого, и, наконец, из этих случаев уже вырабатывались более сложные отношения двух организмов. Происходило же все это благодаря тому, что всякое выгодное хотя бы для одного вида приспособление, каждая новая деталь в этих отношениях удерживалась и закреплялась в процессе борьбы за существование естественным подбором.

То же самое приходится повторить про все случаи паразитизма, про возникновение у ряда паразитов их интереснейших приспособлений к этому образу жизни, их смену хозяев и т. д. Таким образом, и для каждого паразита, согласно эволюционной точке зрения, следует принять, что его предки были когда-то свободно живущими организмами и лишь в процессе борьбы за существование перешли к паразитическому образу жизни, который оказался для них выгоден, почему и был закреплен естественным подбором. Переход этот совершался у различных организмов разными путями, и рассмотрение

относящихся сюда случаев показывает, что источников у паразитизма был не один, а много.

В некоторых случаях паразитизм произошел из питания разлагающимися веществами или из сапрофизма. Такие свободноживущие сапрофиты, вроде хотя бы некоторых червей, случайно попадали в кишечник своего будущего хозяина, находили для себя там подходящие условия существования и становились его паразитами, вырабатывая теперь для этого специальные приспособления. В других случаях паразитическому образу жизни предшествовал, вероятно, симбиоз, некоторые случаи которого постепенно переходят в паразитизм. Ближайшие родичи, например, саккулины — усоногие раки, поселяются или на камнях или на раковинах моллюсков и живут с последними в симбиозе. Такими же мирными сожителями на панцире крабов были, вероятно, и предки саккулины, превратившиеся затем в паразитов. Третий возможный источник паразитизма — хищничество. Например, наиболее близки к нашему постельному клопу некоторые хищные клопы, питающиеся насекомыми. Можно думать, что так же питались и предки постельного клопа, но потом они стали нападать на более крупную жертву и довольствоваться сосанием из нее крови, сделавшись, таким образом, паразитами. Имеются несомненно и другие источники паразитизма, но и указанных достаточно для выяснения того, как чисто эволюционным путем можно объяснить происхождение данного явления.

Особенной сложностью, как мы видели выше, отличаются случаи полиморфизма как у колониальных, так и у социальных форм. Однако и здесь, если стоять на эволюционной точке зрения, можно прекрасно разобраться в возникновении каждого из них, не прибегая ни к каким произвольным допущениям. Возьмем, например, общественных насекомых. У пчел имеется три касты: самцы, самки и работницы; спрашивается, как могли возникнуть последние? Для выяснения этого нужно обратиться к ближайшим родичам пчел — осам и шмелям, общины которых гораздо проще. Каждая такая община основывается весной перезимовавшей самкой и к следующей зиме гибнет. Число особей в каждой общине гораздо меньше, чем у пчел, и, хотя в них кроме самцов и самок имеются также и рабочие, но различия между ними и развитой самкой очень невелики, и они довольно часто подобно матке откладывают яйца. Наконец, существуют и одиночные осы; некоторые из них кормят своих личинок и вообще заботятся о потомстве, так что получается целый ряд, выясняющий происхождение полиморфизма у пчел. Предки их жили, вероятно, тоже одиночно, пока на почве заботы о потомстве не возникли первые общины. Затем в них началось разделение труда между самками и работницами, первоначально тоже участвовавшими в размножении, пока не получилась типичная община пчел. Тот же самый процесс имел место при возникновении каст рабочих у муравьев, так как у некоторых видов их и теперь можно встретить все переходы от нормальных самок

к нормальным же рабочим: очевидно, подобные виды муравьев с еще не вполне установившимся полиморфизмом стоят на одном уровне с осами и шмелями, у других же их видов разделение труда и полиморфизм, как мы видели выше, ушли значительно дальше, чем у пчел. У некоторых видов муравьев мы встречаем переходы между рабочими и солдатами, показывающие, как отделилась от касты рабочих каста солдат,—словом, только эволюционная точка зрения может помочь нам разобраться во всех этих сложных отношениях, почему мы можем смело ссылаться на них, как на доказательства правильности эволюционной теории.

То же самое приходится повторить и про ряд других уже разобранных нами сложных биологических явлений вроде отношений между цветами и насекомыми, насекомоядных растений и т. д. Каждое из этих явлений, взятое в отдельности, может казаться только загадочным и чудесным, но если подойти к нему с тем ключом, который дает нам эволюционная теория, расположить все наблюдающиеся при этом случаи в известный ряд, от более простых к более сложным, то постепенное возникновение самых сложных приспособлений станет совершенно ясным. Вот почему данные экологии и являются прекрасными доказательствами справедливости эволюционной идеи.

Доказательства эволюционной идеи из области морфологии.

Ряд доказательств эволюционной идеи можно найти и в иной области, именно среди данных морфологии, как называют обычно дисциплины, изучающие форму организмов (морфэ — по-гречески форма) в окончательном виде или в зародышевом состоянии, т.-е., иначе говоря, анатомию и эмбриологию, которые при этом противопоставляются физиологии, изучающей уже не форму, а функции организмов. Подобно экологии и вся морфология в ее современном состоянии представляет из себя одно сплошное доказательство правильности эволюционной теории. Из этого громадного морфологического материала мы остановимся здесь лишь на нескольких наиболее интересных фактах.

Уже изучение строения различных органов у представителей отдельных отрядов одного класса и даже классов одного типа позволяет без труда открыть в них общий план строения, видоизменениями которого такие органы являются. Почти всем позвоночным животным, например, присущи две пары конечностей, из которых передняя пара приобретает самый различный вид в зависимости от образа жизни животного (напомним крылья птиц, плавники китов, роющую лапу крота, руку человека и т. д.). Однако, если мы сравним скелеты подобных передних конечностей различных позвоночных друг с другом (см. рис. 102), то нам сразу бросится в глаза тот общий план строения, который свойствен всем им. Наилучшим объяснением этого факта, который может быть обнаружен и в любой другой системе органов, является допущение, что

формы, имеющие органы, построенные по одному плану, произошли от общих предков, у которых уже имелся тот же орган в гораздо менее развитом виде, но способный к дальнейшим видоизменениям в различных группах, произошедших от этого корня.

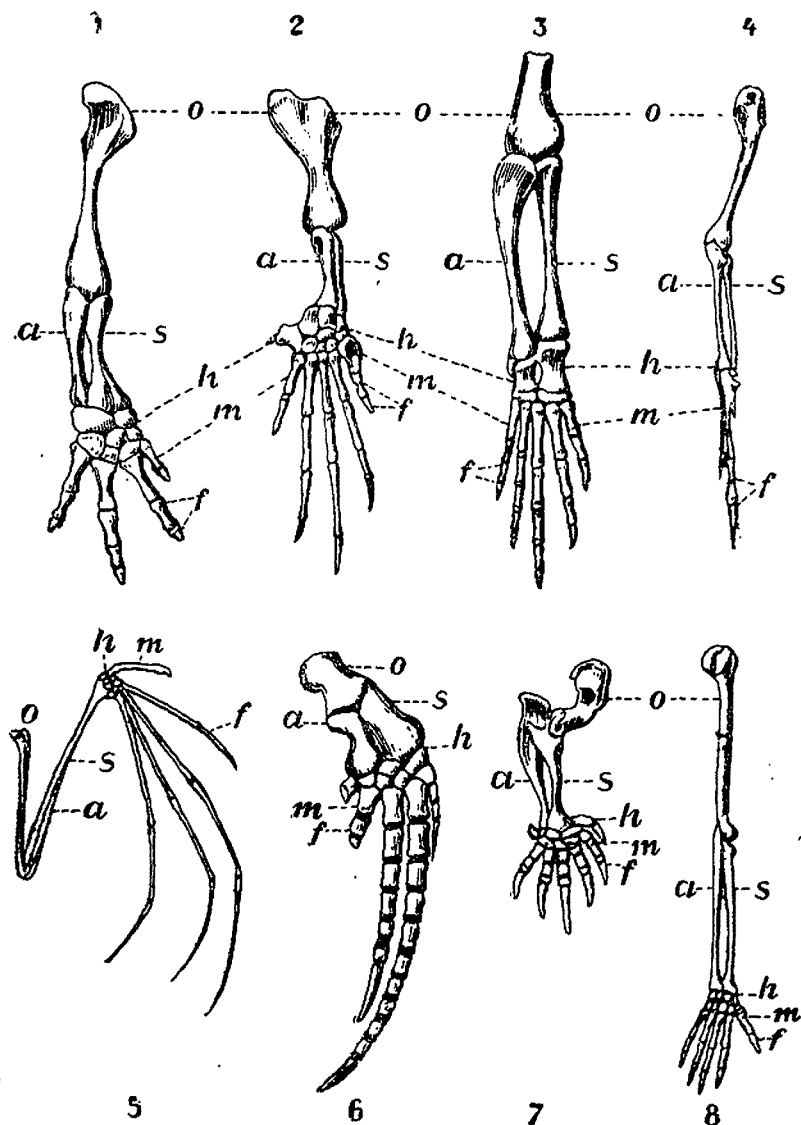


Рис. 102. Передние конечности: 1 — саламандры, 2 — морской черепахи, 3 — крокодила, 4 — птицы, 5 — летучей мыши, 6 — кита, 7 — крота, 8 — человека; о — плечевая кость, а — локтевая, s — лучевая, h — запястье, m — пясть, f — фаланги пальцев.

Заметим, что теперь в сравнительной анатомии называют те органы, которые соответствуют друг другу по общему плану строения и происхождению, гомологичными. Напротив, если дело идет об органах, обладающих одинаковой функцией, независимо от вопроса об их происхождении, то такие органы называются аналогичными. Например, крыло птицы и насекомого, легкие позвоночных и трахеи членистоногих аналогичны друг другу, так как они служат для одной и той же цели, но отнюдь не гомологичны, ибо их строение и происхождение совершенно различные. С другой стороны, все те передние конечности позвоночных, которые изображены на рис. 102, гомологичны друг другу, хотя несут иногда довольно различные функции.

Впрочем, понятия об общем плане строения и о гомологии являются не прямыми доказательствами эволюционной теории, а только косвенными, так как она дает им наилучшее объяснение. Однако, в области морфологии имеется ряд таких фактов, которые остаются совершенно непонятными, если не стоять на эволюционной точке зрения.

Сюда относятся прежде всего переходные формы, т.-е. виды, соединяющие в себе с точки зрения своего анатомического строения признаки различных систематических групп, которые они как бы связывают друг с другом. Такие связующие звенья известны в настоящее время не только между отрядами, классами, но даже между типами, которые в свое время Кювье считал за совершенно резко отграниченные друг от друга систематические группы. Здесь мы остановимся только на двух примерах переходных форм: одном — между типами и другом — между классами.

Мы упоминали уже выше, что тип членистых животных Кювье разделяют в настоящее время на два — тип червей и тип членистоногих. Для последних наиболее характерно, что у них не только тело, но и конечности оказываются членистыми, чего никогда не бывает у червей. Кроме того имеется и ряд других особенностей, которые проводят резкую грань между червями и членистоногими: для червей, например, характерны особые выделительные органы в виде трубочек в каждом членике тела (так называемые нефридии), для многих членистоногих — особые органы дыхания или так называемые трахеи, имеющие вид трубочек, пронизывающих все их тело. Трахеи встречаются только у настоящих членистоногих, как пауки, многоножки, насекомые; точно также нефридии бывают лишь у настоящих червей.

Но вот в различных странах южного полушария удалось найти организм, похожий по первому взгляду на многоножку и получивший название перипатуса (рис. 103). У него самым тесным образом перемешаны признаки и червей и членистоногих. Ножки у него короткие, неясно расчлененные, занимающие как бы промежуточное положение между придатками тела у червей и настоящими членистыми ножками членистоногих. Выделительные органы имеют вид нефридиев червей, а органами дыхания являются настоящие трахеи,

как у членистоногих. Словом, по всем своим особенностям перипатус представляют переходную форму от червей к членистоногим, и этому странному факту можно дать только одно естественное объяснение, именно что членистоногие произошли в свое время от червей, а пери-



Рис. 103. *Перипатус*.

патус является случайно уцелевшим остатком тех форм, которые когда-то обособились от типичных червей и мало-по-малу превратились в членистоногих.

Пример переходных форм между классами мы возьмем из типа Позвоночных. Как известно, различия между двумя низшими классами позвоночных — рыбами и земноводными или амфибиями (к последним относятся такие формы, как лягушки, жабы, саламандры, тритоны и др.) довольно значительны, и одним из наиболее важных среди них является то, что рыбы дышат жабрами, а земноводные

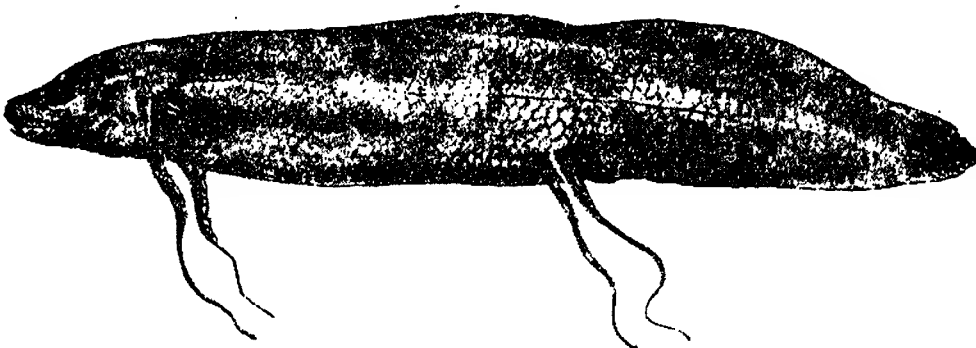


Рис. 104. *Двоякодышащая рыба протоптерус*.

во взрослом состоянии (как и остальные позвоночные) — легкими. Однако, имеется небольшая группа двоякодышащих рыб, водящихся в некоторых тропических реках и болотах, — одна из относящихся сюда форм изображена на рис. 104, — которые имеют органы дыхания двоякого типа, т.-е. дышат и жабрами и легкими. Обычно они дышат только первыми, но когда водоем, в котором живет такая форма, пересыхает, дыхание при помощи жабр становится уже невозможным, и она начинает, подобно высшим формам, дышать легкими. Последние устроены у двоякодышащих рыб довольно своеобразно и могут быть названы не только легкими, но и плавающим пузырем — особым органом, свойственным большинству

рыб и помещающимся у них между позвоночником и кишечником (этот рыбий „пузырь“ хорошо, конечно, известен всем). У остальных рыб он служит при плавании, как орган равновесия, у двоякодышащих же, становясь органом дыхания, приобретает характер легких. Таким образом, по своим особенностям, из которых мы остановились лишь на одной, двоякодышащие рыбы связывают класс рыб с классом амфибий и в то же время показывают, что легкие позвоночных произошли из плавательного пузыря рыбообразных предков амфибий. Такое же чисто эволюционное объяснение приходится давать и всем вообще переходным формам.

Другой пример из области морфологии, на котором хорошо видно значение эволюционной теории, это так называемые рудиментарные органы. Под этим именем понимают те органы, ко-

торые у данной формы находятся в нефункционирующем и недоразвитом состоянии, тогда как у родственных ей видов мы находим вместо подобных остатков нормальные, хорошо развитые и функционирующие образования. Значение их, если не стоять на эволюционной точке зрения, совершенно непонятно; эволюционная же теория вполне объясняет нам

их существование тем, что формы с рудиментарными органами происходят от таких, у которых последние были вполне развиты и функционировали, затем эти органы почему-либо утратили свою функцию, т.-е. стали более ненужны, и теперь находятся на стадии постепенного и полного исчезновения у их обладателей.

Наиболее характерная особенность птиц—это их орган летания, крылья. Однако, у так называемых бегающих птиц, утративших способность к полету, они становятся более уже не нужны: страусы еще имеют развитые крылья, а у новозеландского бескрыла или киви имеются вместо них инчужные остатки или рудименты (рис. 105). Такие же рудименты задних ног, незаметные совершенно снаружи, мы находим и у китов, тогда как тюлени еще сохранили свои задние конечности. У очень многих глубоководных и пещерных форм, живущих в постоянном мраке, становятся рудиментарными глаза, этим формам совершенно, конечно, уже ненужные. Очень много рудиментарных органов имеется и в теле человека, при чем наибольшей известностью среди них пользуется



Рис. 105. Киви — справа рудимент крыла.

червеобразный отросток слепой кишки (рис. 106), хорошо развитый и играющий известную роль при пищеварении у некоторых других млекопитающих. Сюда же относятся несомненно исчезающие у нас так называемые „зубы мудрости“, остатки когда-то более сильно развитого волосяного покрова и т. д. Присутствие всех этих образований, с точки зрения эволюционной теории, вполне понятно.

Что, действительно, многие органы имелись у предков современных форм, затем стали ненужными, перешли в рудиментарное состояние и, наконец, совершенно исчезли, доказывается целым рядом данных эмбриологии, так как у зародышей очень часто встречаются образования, которые у взрослых форм отсутствуют, но имеются у представителей низших групп. Так, у зародышей всех высших позвоночных животных, дышащих легкими, т. - е.

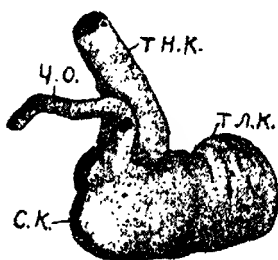


Рис. 106. Червеобразный отросток слепой кишки человека: Т.Н.К. — тощая кишка; Т.Л.К. — толстая кишка; С.К. — слепая кишка; Ч.О. — червеобразный отросток.

у рептилий, птиц, млекопитающих на известных стадиях развития закладываются жаберные щели, позже совсем исчезающие. На рис. 107 они изображены у зародыша человека (1—4). Объяснить это, с точки зрения эволюционной теории, можно тем, что не только амфибии, но и все высшие позвоночные имели рыбообразных предков, дышавших жабрами. С переходом их к наземной жизни последние стали, вероятно, первоначально рудиментарными, а затем и совсем исчезли, сохранившись в зачаточном виде только у зародышей.

Такие же факты известны и из истории развития многих других форм, и на некоторые из них мы обращали уже внимание выше, в главе IV, когда речь шла о развитии животных. Так, во время превращения лягушек (см. рис. 60) их головастики сперва имеют жабры и напоминают представителей класса рыб, а затем у них сохраняется в течение известного времени хвост, и они похожи на представителей низшего отряда — хвостатых амфибий, что объясняется, очевидно, происхождением бесхвостых амфибий от хвостатых. Личинки насекомых имеют обычно большее число ножек, чем взрослые формы, и напоминают низших членистоногих — многоножек и т. д.

Иногда только история развития и позволяет разобраться в систематическом положении той или иной формы, если последняя сильно изменена под влиянием хотя бы паразитического образа жизни и утеряла многие органы. Мы знакомы уже с паразитическим ракообразным — саккулиной, которая представляет из себя как бы мешок, набитый половыми продуктами и снабженный корневыми отростками (рис. 82). Ничто в ее организации не указывает на то, что мы имеем дело с ракообразным, однако из яйца саккулины выходит личинка с тремя парами ножек, имеющая типичную форму упоминавшегося уже выше науплиуса (рис. 61), и это

сразу решает вопрос о принадлежности саккулины именно к ракообразным, а дальнейшие превращения этого науплиуса совершенно определенно указывают и на ту группу ракообразных, к которой относится саккулина.

Подобного рода факты даже подали повод некоторым ученым попытаться установить определенный закон, согласно которому история развития каждой особи до известной степени повторяет собою историю вида, т. е. те стадии, которые проходились предками последнего во время процесса их эволюции. Однако, последующие исследования показали, что такое утверждение можно принять лишь с известными оговорками и ограничениями, так что оно едва ли может быть названо законом. Некоторые стадии и явления в развитии действительно носят такой характер, что их скорее всего можно объяснить сходством с теми отношениями, которые имели место у предков данных форм; другие же не допускают подобного толкования. Так, например, отмечавшееся уже выше прохождение зародышами всех многоклеточных животных стадии двуслойного зародыша, на которой он очень напоминает гидру и вообще кишечно-полостных, действительно, скорее всего свидетельствует о происхождении всех высших типов от двуслойных предков вроде кишечнopolостных. Существование же у большинства ракообразных личинки с тремя парами ног, науплиуса, отнюдь не говорит, что таковы были предки этого класса; здесь данная форма личинки возникла, как известное приспособление к ее образу жизни. Однако, и при обсуждении таких фактов мы все время должны стоять на чисто эволюционной точке зрения.

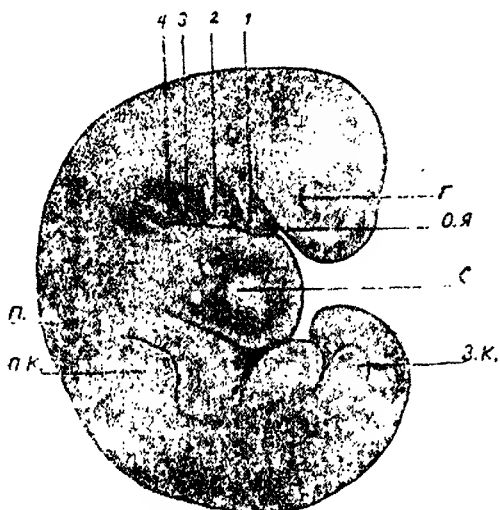


Рис. 107. Зародыш человека с жаберными щелями. Г — глаз; О. Я — обонятельная ямка; С — сердце; П — позвонки; П. К. — передняя конечность; З. К. — задняя конечность; 1, 2, 3, 4 — жаберные щели.

Доказательства эволюционной идеи из области палеонтологии.

Третью группу чрезвычайно важных доказательств справедливости эволюционной теории составляют данные палеонтологии, или учения об ископаемых организмах. До сих пор мы

не касались этих данных совершенно, так как нас интересовал только современный животный и растительный мир, который и изучается различными биологическими дисциплинами. Однако, в прежние периоды жизни земли на ней водились и совершенно иные формы, от которых сохранились различные остатки в виде окаменелостей, а так как их приходится добывать путем раскопок из недр земли, то оставившие их организмы и называются ископаемыми.

Многие окаменелости вроде некоторых раковин, зубов и костей вымерших теперь животных (напомним всем известного мамонта), а также отпечатков различных ископаемых растений попадают очень часто и были известны уже давно. Однако, до начала прошлого века на них не обращали особенного внимания, считая одни из них за „игру природы“, другие — за остатки „допотопных“ зверей. Только Кювье приступил к настоящему научному изучению этих окаменелостей и, пользуясь своим глубоким знанием сравнительной анатомии, показал, что по нескольким отдельным частям животного можно восстановить или, как говорят, реставрировать весь его облик.

Действительно, мы знаем, что все части организма не являются независимыми друг от друга, а между ними существует самая тесная связь. По коренному зубу, например, легко установить, чем питалось животное; следовательно, можно сказать, какова была вся его зубная система и как были устроены конечности; от зубной системы можно перейти к общему характеру черепа, а по одному позвонку можно сделать ряд заключений о всем позвоночном столбе, грудной клетке и общей величине животного; расположение жилок на листе и его форма позволяют сказать, к какому отряду, а иногда и семейству относилось данное растение, и т. д. В этом состоит так называемый принцип соотношения частей, установленный Кювье, и приложение его к остаткам ископаемых организмов положило начало особой дисциплине — палеонтологии, являющейся пограничной между биологией, наукой о живых существах, и геологией, изучающей мертвый мир и историю земли.

Мы не можем здесь останавливаться на том, каким образом, путем изучения различных слоев земли и заключенных в них окаменелостей, геология составила себе довольно полное представление о тех изменениях, которые происходили в прошлые эпохи на земной поверхности, и о тех организмах, которые населяли ее в то время. Заметим лишь, что всю историю земли, с момента образования на ней твердой коры, делят на эры, а эры на периоды, при чем главных эр насчитывают четыре: первобытную, древнюю, среднюю и новую, каждая из которых тянулась, вероятно, много миллионов лет. Для любой эры и периода чрезвычайно характерны остатки тех организмов, которые во время нее водились на земле, так как уже Кювье было точно установлено, что в этом отношении различные геологические эпохи отличаются сильно друг от друга и от современной эпохи. Впрочем, нельзя

не заметить, что из тех живых существ, которые когда-то жили на земле, мы знаем только незначительную часть, так как в этом отношении геологическая летопись отличается крайней неполнотой. Объясняется это тем, что организмы, лишенные твердого скелета, в большинстве случаев не оставляли после себя никаких следов, да и твердые части могли сохраниться, лишь если они попадали в воду, а также тем, что в самых древних отложениях когда-то заключенные в них окаменелости уже совершенно разрушились. И все же, несмотря на это, большинство палеонтологических данных является блестящим доказательством справедливости эволюционной идеи.

Мы сказали уже, что животный и растительный мир в течение различных геологических эпох не оставался неизменным, и в этом отношении они сильно отличаются друг от друга. При том чем древнее эпоха, тем менее ее организмы похожи на современных; чем она ближе к настоящему времени, тем они ближе к ныне живущим формам. Наконец, если проследить такое изменение мира организмов по всем эпохам, то мы увидим, что формы, более низко организованные, появились на земле раньше, а формы, выше стоящие и более сложные, значительно позже. Бросим, например, самый беглый взгляд на последовательное появление на земле представителей наиболее знакомого всем типа — позвоночных.

В начале древней эры остатков позвоночных вообще не встречается: очевидно, ни в это время, ни в первобытную эру этих форм на земле еще не было. Затем начинают попадаться остатки представителей самого низшего класса позвоночных, именно рыб, но эти наиболее древние рыбы были мало похожи на большинство современных и относятся или к сравнительно редким теперь или к совсем вымершим низшим группам данного класса. В более поздние периоды древней эры появились первые и при том самые низшие амфибии, а в самом конце ее такие же первые рептилии, но двух высших классов позвоночных, именно млекопитающих и птиц, в то время на земле еще не встречалось. Последние начинают попадаться впервые в пластах средней эры опять — таки в виде своих самых низших форм, но вообще еще и в это время представители данных классов были, повидимому, очень немногочисленны на земле, а наиболее распространенной группой был класс рептилий, или пресмыкающихся. В настоящее время последние представлены сравнительно небольшим числом форм, а во время средней эры они достигали необычайно сильного развития как по числу видов, так и по размерам, и вообще в то время эта группа была господствующей на земле. Лишь с начала новой эры млекопитающие занимают то место, которое принадлежало раньше рептилиям, и вытесняют в борьбе за существование последних. Первоначально при этом они были сравнительно мало похожи на современных и стояли по организации ниже их, но постепенно приближаются к ныне живущим формам.

Так же обстоит дело с развитием на земле высших — цветковых — растений. Они появляются на земле лишь в конце древней эры, но опять-таки представлены в это время, как и в начале средней эры, лишь своими низшими формами, именно саговыми пальмами, хвойными и однодольными. Господствующая теперь на земле группа семенных растений, так называемые двудольные, появляется лишь в конце средней эры. — Все эти факты, конечно, прекрасно согласуются с эволюционной теорией, согласно которой

низшие формы всегда должны предшествовать высшим, ибо как раз они-то и дают начало последним. Именно так и шло дело при развитии организмов на земле.

Мы сказали уже, что большинство ископаемых форм заметно отличается от современных. Наиболее интересны среди них те, которым в палеонтологии дают название сборных типов, так как у них перемешаны признаки различных систематических групп. Так, первые появившиеся на земле в древнюю эру амфибии были сборным типом, ибо в их организации имелись особенности, свойственные не только этому классу, но и двум другим, именно



Рис. 108. *Первоптица* (*Archaeopteryx lithographica*).

рыбам и рептилиям. Точно также у первых рептилий наблюдались некоторые признаки частью амфибий, частью млекопитающих. Одна форма млекопитающих, жившая в самом начале новой эры (палеотерий), соединяла в себе сразу признаки тапиров, носорогов и лошадей, относящихся к различным семействам. Значение таких сборных типов с эволюционной точки зрения вполне ясно: это или переходные формы между различными группами, указывающие нам, в каком направлении шла здесь эволюция, или же исходные формы для нескольких групп, возникших от подобных общих родоначальников путем расхождения признаков. Особенности первых амфибий и рептилий говорят нам, что класс амфибий, взявший свое начало от рыб, произвел в свою очередь рептилий, а последние дали начало млекопитающим. Подобным же

образом семейства тапиров, носорогов и лошадей следует считать произошедшими из общего корня.

Прекрасный пример сборного типа представляет собою первая из известных нам птиц, так называемая первоптица или археоптерикс, остатки которой найдены в пластах средней эры (рис. 108). Кроме характерных особенностей птиц — оперения и крыльев — мы видим у ней другие признаки, отсутствующие у современных птиц, но свойственные различным рептилиям. Из них особенно бросаются в глаза: присутствие трех пальцев с сильными когтями на каждой из передних конечностей, уже превратившихся в крылья,

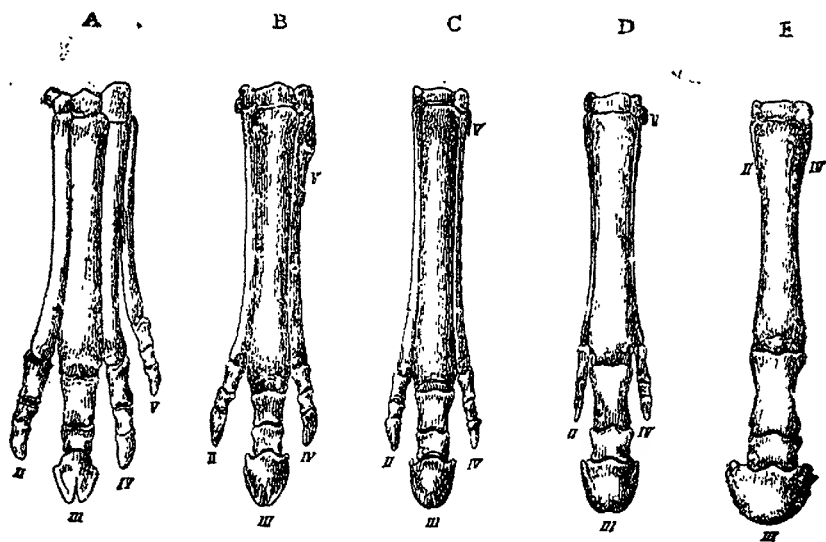


Рис. 109. Передняя конечность предков лошади: А — гиракотерия, В — мезоhipпуса, С — анхитерия, D — гиппариона и Е — лошади.

зубы на клыке и длинный хвост, состоящий из позвонков (у птиц хвостовые позвонки неразвиты). Все это с несомненностью свидетельствует о происхождении и класса птиц (подобно млекопитающим) от рептилий.

В более поздних отложениях из новой эры, которые лучше сохранились, иногда удается найти целые ряды форм, как их обыкновенно называют, которые уже совсем наглядно свидетельствуют об эволюции той или иной формы. Мы приведем здесь лишь два подобных примера, один из позвоночных животных, другой из беспозвоночных.

Наша лошадь отличается от других копытных животных и вообще млекопитающих тем, что на каждой из ее ног имеется всего по одному сильно развитому пальцу, заканчивающемуся копытом, при чем этот палец, как видно из истории развития, соответствует третьему или среднему пальцу пятипалых форм. Что эта особен-

ность у лошади возникла не сразу, а путем постепенной утери ее предками боковых пальцев, видно по остаткам скелета тех форм, которые жили в течение различных периодов новой эры и представляють собою ряд, ведущий к нашей лошади. Как видно на рис. 109, наиболее отдаленные предки ее имели на ногах 4 пальца (А), из которых один, отвечающий нашему мизинцу (V на рисунке), скоро стал рудиментарным и, наконец, исчез (В — D), а затем ту же

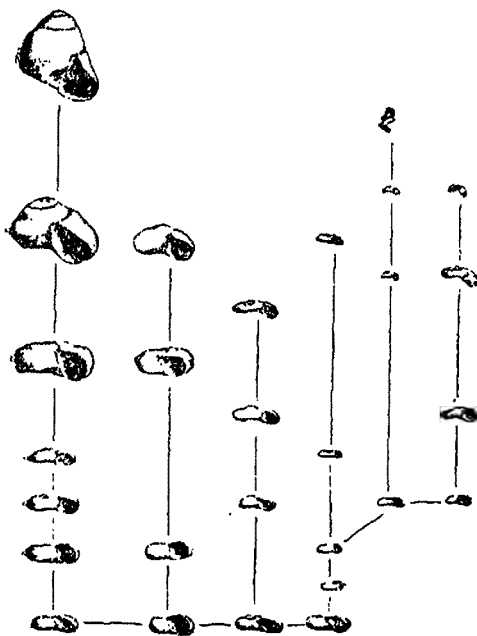


Рис. 110. Ряды форм у моллюска *Planorbis multiformis*.

участь постепенно испытали два других боковых пальца (II и IV), от которых у современной лошади (Е) остались лишь ничтожные рудименты в виде двух маленьких косточек. — Рис. 110 показывает такие же постепенные изменения формы и величины раковины у одной маленькой улитки в течение различных периодов новой эры, при чем здесь историю их удалось проследить с величайшей точностью, и подобная родословная уже мало чем отличается от нашей воображаемой родословной нескольких видов, изображенной в виде схемы на стр. 173.

Подобные факты настолько доказательны, что трудно после знакомства с ними не признать эволюции организмов в течение прошлых периодов жизни земли за совершенно несомненный факт. С этой точки зрения получают совершенно новое освеще-

ние и те данные биогеографии, о которых уже говорилось выше и которые теперь также можно причислить к числу доказательств эволюционной идеи.

Доказательства эволюционной идеи из области биогеографии.

Действительно, ни климат, ни другие физико-географические условия не могут объяснить нам причин разделения поверхности земли на различные биогеографические области и, как показали специальные исследования, это объясняется геологической историей каждой местности и эволюцией в ней самих организмов. Посмотрим под этим углом зрения на те факты, с которыми мы познакомились уже раньше.

Своеобразнее всех других областей австралийская область с отсутствием в ней всех отрядов млекопитающих, кроме самых низших—сумчатых и яйцекладущих. Объясняется это тем, что Австралия утратила связь с другими материками очень рано: повидимому, еще в среднюю эру, когда на земле водились лишь представители этих самых низших отрядов млекопитающих, высшие же отряды их появились значительно позже и вытеснили постепенно сумчатых и яйцекладущих везде кроме Австралии, куда они уже не могли проникнуть. Второй по своеобразию является неотропическая область, т.-е. Южная Америка, резко отличающаяся по своим организмам от Северной, хотя она связана с ней перешейком. Однако, в начале новой эры, когда и происходила, главным образом, эволюция большинства господствующих в настоящее время групп животного царства, Южная Америка была островом и, связь ее с Северной установилась значительно позже; вот почему в ней и возник ряд очень характерных только для нее форм, не встречающихся нигде в других странах. Подобным же образом сходство фауны и флоры Северной Америки и так называемой палеарктической области приходится объяснить тем, что до сравнительно недавнего (геологически) времени между Азией и Северной Америкой имела непрерывная связь, они составляли один материк, на котором эволюция всех форм происходила более или менее сходным образом. Так же можно объяснить своеобразие Мадагаскара, Новой Зеландии и пр.

Таковы те данные, которыми доказывается справедливость эволюционной идеи, и нельзя не признать на основании их самый факт эволюции организмов стоящим вне всяких сомнений.

ГЛАВА ДЕВЯТАЯ.

Эволюционные учения.

Неоламаркизм и неодарвинизм. — Значение подбора. — Мутационная теория. — Вопрос о происхождении человека. — Пути эволюции человеческого рода. — Евгеника.

Коснувшись вопроса о том, как произошли организмы, мы познакомились с теорией Дарвина и разобрали ряд доказательств справедливости эволюционной идеи из самых различных областей биологии. Теперь мы должны заняться специально эволюционной теорией, т.-е. разобрать главнейшие эволюционные учения.

Действительно, со времени появления теории Дарвина прошло больше 60 лет, и, конечно, за этот период эволюционная теория не могла не испытать известных изменений и дополнений. После доказательства самого факта эволюции внимание ученых привлек вопрос о причинах этого явления. Дарвин, как мы видели, сводил их к борьбе за существование и естественному подбору, но он сам подчеркивал при этом, что подбор начинает действовать лишь тогда, когда известное изменение уже совершилось: при помощи подбора можно усилить или ослабить уже существующий признак, но не создать его вновь. Между тем вся эволюция основывается прежде всего на появлении новых особенностей, почему и является вопрос, как и под влиянием каких причин возникают последние?

Неоламаркизм и неодарвинизм.

Одно время целый ряд ученых склонялся к тому, что новые особенности организмов, закрепляемые у них затем естественным подбором, возникают под влиянием окружающих условий, в которых проходит жизнь каждого животного и растения. Подобное предположение вполне естественно, так как мы видели выше, в какой тесной зависимости находятся самые различные особенности организмов от окружающей среды и насколько велико его влияние на них. Однако, для того, чтобы изменения, возникшие под влиянием среды, могли стать источником эволюции, необходимо одно предварительное условие, именно, чтобы они были наследственными, т.-е. не ограничивались бы только теми формами, на которые так или иначе повлияла среда, а передавались бы и их потомкам. Так действительно и смотрело большинство ученых на от вопрос и во время Дарвина, и до него, и вплоть до восьми-эт

десятих годов прошлого столетия, при чем подобная наследственность приобретенных свойств допускалась ими, как нечто само собою разумеющееся.

Впервые в пользу наследственности приобретенных свойств высказался один из главных предшественников Дарвина — Ламарк, сводивший, как мы говорили выше, эволюцию в значительной степени к влиянию внешней среды на организм. Вот почему сторонников наследственности приобретенных свойств, пытавшихся объяснить этим путем появление новых особенностей у живых существ, называют обычно неоламаркистами. Некоторые из них принимали рядом с этим и второе положение Ламарка — о наличии у организмов особого стремления к прогрессу и усовершенствованию организации, хотя эта идея отрицалась многими другими неоламаркистами, и, вообще, она менее характерна для данного направления. Основным же положением неоламаркизма является признание прямого влияния среды на организмы и наследственности возникших этим путем особенностей.

Учение неоламаркистов энергично отстаивалось ими до самого последнего времени, хотя уже довольно давно против него Вейсманном и другими были сделаны очень серьезные возражения. В настоящее время, впрочем, трудно поддерживать эту точку зрения, так как спорный в прежнее время вопрос о наследственности приобретенных свойств получил уже вполне определенное разрешение. Мы знаем теперь, что, как об этом подробно говорилось раньше, в главе VI, громадное большинство приобретенных организмами под влиянием внешних условий свойств ненаследственно, и передаются потомству лишь результаты очень немногих исключительно сильных влияний, которые отражаются не только на их теле, но и на половых клетках. Случаи последнего рода скорее возможны в искусственной обстановке опыта, чем в естественных условиях; почему и вызванные этим путем изменения едва ли играли важную роль при эволюции организмов. Следовательно, попытка объяснить появление тех изменений организмов, которые необходимы для дальнейшего закрепления их естественным подбором, путем различных влияний внешней среды, не достигает своей цели, и этот вопрос остается, несмотря на учение неоламаркистов, совершенно открытым.

Кроме учения неоламаркистов во второй половине прошлого века возникло другое учение, пытавшееся объяснить всю эволюцию организмов при помощи одного подбора без участия каких-либо иных факторов. Так как подбор был впервые открыт для науки Дарвином, то сторонники данного течения получили название неодарвинистов, т.е. новых или вернее крайних дарвинистов. Наиболее видным представителем этого направления был Вейсманн, много сделавший в свое время, как мы уже знаем, для опровержения наивной веры в наследственность приобретенных свойств. Одну из своих статей по этому вопросу он даже озаглавил: „Всепогущество естественного подбора“.

Этот спор между неodarвинистами и неоламаркистами тянулся довольно долго. В конце концов он и привел к постановке ряда опытов, которые позволили разрешить его в окончательной форме. Данные эти о значении подбора настолько важны, что мы должны остановиться на них более подробно.

Значение подбора.

Выше уже говорилось, что все признаки организмов изменчивы, при чем по развитию каждого из этих признаков можно расположить всех имеющих его особей в ряд, начинающийся с форм, у которых данный признак развит слабее всего, и кончающийся особями с наиболее сильным развитием признака (рис. 99, 100). Подобные ряды называются рядами изменчивости.

В каждом ряду изменчивости среднее развитие данного признака встречается, как правило, гораздо чаще, чем самое слабое или самое сильное развитие его. Так, если взять, например, несколько сот семян обыкновенной фасоли и начать измерять длину этих семян, то мы скоро убедимся, что семена длиной ниже 10 мм и выше 15 мм попадают довольно редко, тогда как длина семян в 11, 12, 13 мм является самой частой и обыкновенной.

Результаты подобного опыта, сделанного с 450 семенами фасоли, изображены на нашем рис. 111, при чем здесь семена одинаковой длины помещались в особое отделение ящика: в самом крайнем слева были положены семена длиной в 8 мм (всего одно), в следующем — длиной в 9 мм (тоже одно) и т. д., а в самых крайних отделениях справа помещались семена уже длиной в 15 и 16 мм. Достаточно одного взгляда на этот рисунок, чтобы сказать, что ряд изменчивости длины семян фасоли тянется от 8 до 16 мм, а самая частая — или, как говорят, средняя величина его — приходится на длину в 12 мм.

Если мы хотим теперь выяснить вопрос о значении подбора, то должны поставить опыт так: высеять семена из двух самых крайних отделений нашего ящика (т.-е. длиной в 8 и в 16 мм) и посмотреть — будет ли ряд изменчивости длины семян в их потомстве тем же, что и раньше, или же он приобретет уже иной характер. Если из самых маленьких семян получатся растения, у которых средняя длина семян будет уже не 12 мм, а, скажем, 9 мм, и в то же время из самых крупных семян — семена с средней длиной в 15 мм, то, очевидно, подбор оказывает при этом заметное действие. Если этого не окажется, и средняя длина семян у растений, выросших как из самых мелких, так и самых крупных семян будет попрежнему близка к 12 мм, то, очевидно, подбор при этом не оказал никакого действия.

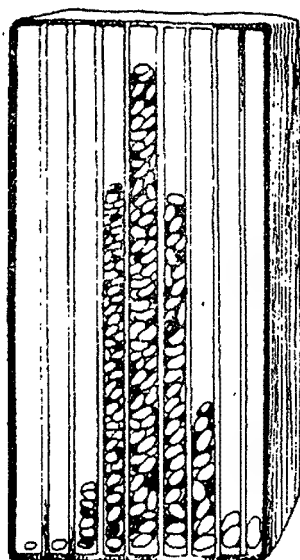
Первые опыты, поставленные в этом направлении, дали такой результат, которого, казалось бы, естественнее всего ожидать — именно в потомстве растений из мелких семян семена были значительно мельче, а в потомстве растений из крупных семян — крупнее.

Однако все это продолжалось только до тех пор, пока работали со смешанным, разнородным материалом. Когда же к этим опытам, уже в самом начале настоящего столетия, приступил датский ботаник Иоганнсен, то он получил совершенно иной результат, как только стал работать с материалом, вполне однородным по своим наследственным свойствам.

Последнее условие довольно легко осуществимо у многих растений, допускающих возможность самооплодотворения, так как при этом заведомо можно избежать смещения у потомства различных наследственных свойств. Если взять, например, как делал Иоганнсен, одно растение фасоли, при том вполне гомозиготное, т.-е. не являющееся гибридом, опылить его собственной пылью и получить с него семена, то все выращенные из них растения, как и их потомство, будут вполне однородны по своим наследственным свойствам, представят из себя, как выражаются теперь, чистую линию. Каждая чистая линия характеризуется свойственными ей особенностями — например, средним весом семян, средней высотой растений, средней длиной листьев и т. д. В каждой такой линии для любого признака имеется свойственный ему ряд изменчивости, т.-е. попадают рядом с семенами среднего веса и более легкие и более тяжелые семена, но усилить или ослабить этот признак путем подбора самых легких или самых тяжелых семян, даже если такой подбор совершается в течение ряда поколений, здесь совершенно не удастся. И из самых легких и из самых тяжелых семян даиной линии будут вырастать растения, средний вес семян которых одинаков и совпадает со средним весом, свойственным всей этой чистой линии.

Таким образом, оказывается, что в совершенно однородном материале, как говорят, в чистых линиях, подбор совершенно не оказывает никакого действия.

Опыты Иоганнсена были повторены после него целым рядом исследователей и дали всюду, т.-е. у самых различных организмов, один и тот же результат. Если материал был совершенно чистым, однородным по своим наследственным свойствам, подбор не оказывал никакого действия; если же материал носил смешанный характер (как это постоянно бывает в природе), то подбором можно было сдвинуть среднюю величину признака в желательную сторону. Что же это значит, и как мы можем толковать смысл всех этих опытов?



8 9 10 11 12 13 14 15 16
(длина в мм)

Рис. 111. Вариационный ряд длины семян фасоли.

Дело в том, что в природе каждый животный и растительный вид состоит из громадного количества отдельных чистых линий, которые благодаря скрещиванию между их представителями обычно бывают сильно перемешаны друг с другом. При этом в одних чистых линиях некоторые особенности развиты сильнее, в других слабее, хотя подметить это благодаря смешению друг с другом различных линий и не легко. Вот здесь-то подбор и может оказать чрезвычайно существенное действие, так как при помощи его можно выделить из общей массы особей чистую линию или с более сильным или с более слабым развитием какой-нибудь особенности и затем, оберегая ее от смешения с другими линиями, получить новую породу или новую разновидность данного вида. Последнее и достигается постоянно как деятельностью искусственного подбора в руках человека, так и деятельностью естественного подбора в природных условиях. Однако, когда та или иная чистая линия уже выделена, подбор не в состоянии оказывать на ее особенности какое-либо действие, и потомство крайних членов ряда всегда возвращается здесь к средней величине. Таким образом, подбор отнюдь не всемогущ: он отнюдь не создает новых форм, а последние им только отыскиваются и изолируются.

Словом, и учение неодарвинистов оказалось столь же неспособным разрешить вопрос о появлении новых особенностей, как и учение неоламаркистов. В настоящее время мы можем сказать, что оба эти течения были неправы: ни подбор сам по себе, ни влияния внешней среды, закрепляемые подбором, не могут пролить света на вопрос о возникновении тех изменений, с которых начинается эволюция.

Мутационная теория.

Лишь в 1901 году появилась книга голландского ботаника де Фриза, носящая заглавие „Мутационная теория“, и в ней этому исследователю удалось если не разрешить окончательно данный вопрос, то все же, несомненно, близко подойти к его решению. Таким образом, для того, чтобы составить себе полное представление о том, как произошли организмы, мы должны познаться не только с учением Дарвина, но и с дополняющим его во многом учением де Фриза, которое называется мутационной теорией.

Еще во времена Дарвина и даже раньше были известны случаи внезапного появления растений и животных с какой-нибудь новой особенностью, которая затем сохранялась у их потомства, но случаи эти не привлекали к себе особенного внимания. Впервые на эти внезапные или „скачкообразные“ изменения, как их тоже иногда называют, обратили внимание наш русский ботаник Коржинский и де Фриз, которые оба признали, что в лице их мы как раз и имеем тот материал, с которого начинается затем деятельность

естественного подбора и вся дальнейшая эволюция. Таким образом, согласно взглядам этих обоих исследователей, новые особенности организмов появляются всегда не медленно и постепенно, как думали до тех пор, а, наоборот, внезапно и сразу и, оставаясь постоянными у потомства, могут затем закрепляться подбором. Взгляд этот, однако, было необходимо доказать какими-нибудь



Рис. 112. Энотера Ламарка
(*Oenothera Lamarckiana*).



Рис. 113. Мутации энотеры:
А — *Oen. rubrinervis*, В и С —
Oen. nanella.

специальными наблюдениями, и в доказательстве этого и заключается главная заслуга де Фриза.

Придя к подобной точке зрения на ход эволюции, де Фриз принялся за поиски таких внезапных изменений у различных растений, и они скоро увенчались успехом. Оказалось, что способность к таким изменениям имеется в очень сильной степени у одного растения, завезенного в Европу из Америки и называемого энотерой Ламарка (*Oenothera Lamarckiana*—см. рис. 112). В первом же поколении, полученном де Фризом в его опытном саду от этого растения, среди большинства обыкновенных энотер оказалось несколько экземпляров, которые довольно резко отличались от них. Одни из них имели карликовый характер (рис. 113 В и С) и были,

названы де Фризом карликовой энотерой, другие же отличались широкими листьями и еще некоторыми особенностями и получили название широколистной энотеры. На следующий год появилась тоже внезапно третья новая форма с красными жилками на листьях и плодах (рис. 113 А), а позже возникли и еще некоторые такие же формы, из которых особенно бросалась в глаза так называемая гигантская энотера с крупными листьями, цветами, плодами и семенами (рис. 114).



Рис. 114. Мутация энотеры —
Oen. gigas.

В общем в течение 10 лет де Фриз получил от совершенно нормальных энотер Ламарка, кроме таких же нормальных растений этого вида, 7 совершенно новых форм, которые отличались тем, что передавали свои характерные особенности и потомству. Эти вновь появляющиеся формы были названы им мутациями, при чем характерной особенностью последних, в отличие от уже знакомых нам индивидуальных изменений, является отсутствие постепенных переходов к производшей их форме, а также внезапность появления и наследственность их особенностей у потомства.

Из существования подобных мутаций у энотеры Ламарка и, как мы сейчас увидим, у других организмов де Фриз и исходит в созданной им мутационной теории, которая несколько отличается от взглядов на эволюцию Дарвина. „Виды не могли возникнуть благодаря индивидуальной изменчивости, в результате подбора в известных направлениях, — пишет он в своей книге, — они возникли

утом так называемых изменений, или мутаций“. Последние появляются время от времени у представителей различных видов, которые до того оставались сравнительно постоянными, и могут происходить в различных направлениях: например, рядом с карликовой энотерой появляется ее полная противоположность — гигантская энотера и т. д. Однако, не все из этих форм отличаются одинаковой приспособленностью к окружающим условиям, и вопрос об их дальнейшей судьбе решается борьбой за существование и естественным подбором. Если, например, у того или иного вида возникла мутация, особенности которой носят бесполезный и тем более вредный для нее характер, то, конечно, она не сохранится и погибнет в борьбе за существование; напротив, мутации,

имеющие полезные и выгодные для них свойства, останутся победителями в жизненной борьбе и в конце концов могут даже вытеснить произведшую их форму.

Таким образом, мы видим, что теория Дарвина и теория де Фриза отнюдь не исключают одна другую, а лишь взаимно дополняют друг друга. В теории де-Фриза мы имеем дело с вопросом о первом возникновении новых особенностей у организмов, и она решает этот вопрос таким образом, что подобные новые изменения возникают отнюдь не медленно и постепенно, а внезапно и сразу, в виде так называемых мутаций, особенности которых передаются затем и потомству. Теория Дарвина почти не касается первого вопроса, а сосредоточивает свое внимание на процессе эволюции, когда новое изменение уже возникло, приходя к заключению, что все полезные для организмов изменения закрепляются естественным подбором и благодаря этому возникают новые разновидности и виды. Дарвину было только незнакомо явление мутаций, и он исходил из обыкновенных индивидуальных изменений, что, повидимому, неправильно; в этом отношении теория де Фриза внесла в эволюционную теорию существенную поправку.

Однако, насколько часто встречаются в природе эти внезапные скачкообразные изменения или мутации, чтобы им можно было придавать известное значение? Мы упоминали уже, что они были известны еще до де Фриза, а вслед за появлением его книги такие мутации стали описываться во множестве и при том у самых различных организмов. В настоящее время мы знаем очень много совершенно точно установленных случаев внезапного появления новых форм у самых различных растений, особенно у сельскохозяйственных и садовых, у которых их, конечно, легче наблюдать. В животном царстве это явление было обнаружено впервые у маленького американского картофельного жука *Leptinotarsa*, об опытах с влиянием на которого внешних условий мы уже говорили (см. стр. 116). На рис. 115 изображено два вида этого жука (1 и 4) и их различные мутации, довольно сильно отличающиеся и друг от друга и от нормальной исходной формы. Затем подобные же внезапные изменения были обнаружены у других насекомых, у некоторых высших животных, например, у мышей и вообще у различных представителей животного царства. Удалось обнаружить это

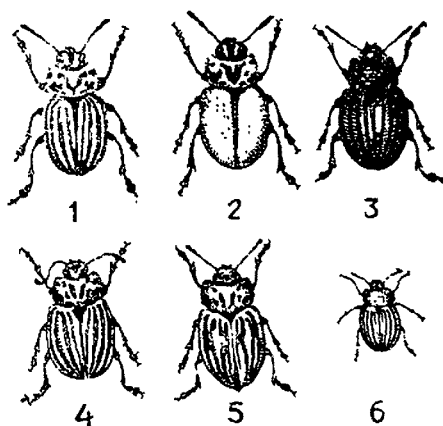


Рис. 115. Два вида колорадского жука *Leptinotarsa* (1 и 4) и их мутации (2 и 3, 5 и 6).

явление и у многих низших форм — грибов, простейших, бактерий, так что в настоящее время его нельзя не признать чрезвычайно широко распространенным среди самых различных организмов.

Раз это так, то невольно напрашивается вопрос: отчего зависит появление подобных новых форм или мутаций? Некоторые исследователи считали прежде, что они вызываются влиянием на организмы различных внешних условий и вообще окружающей среды. Связь между последним и появлением мутаций безусловно имеется, так как в некоторых опытах удавалось увеличить их число, подвергая организмы необычным для них условиям, и у де Фриза в одни годы мутаций было больше, в другие меньше. Однако, эти внешние влияния могут, повидимому, лишь благоприятствовать большему или меньшему числу подобных „скачкообразных“ изменений, истинная же причина появления последних кроется гораздо глубже — во внутренних свойствах самого организма. Необходимо, чтобы что-то внутри самого организма изменилось, и только тогда он начинает производить мутации. Так смотрел на это де-Фриз, и к подобной же точке зрения склоняются теперь очень многие исследователи.

В чем именно состоят такие внутренние изменения самих организмов, которые обуславливают у них появление мутаций, сказать довольно трудно. Однако, исследования последнего времени делают очень вероятным, что и здесь причина скрыта в том веществе клеток, о котором мы уже не раз говорили, именно в хроматине, являющемся, как мы знаем, носителем наследственных свойств организма. Так как мутации всегда наследственны, то уже из одного этого можно предположить, что в их появлении должен быть так или иначе замешан хроматин и его отдельности — хромозомы. И, действительно, исследование в этом отношении мутаций энотеры показало, что у некоторых из них число хромозом отличается от обычного для энотеры Ламарка числа: последнее в клетках ее тела равно 14, у гигантской же энотеры — 28, у широколистной энотеры — 15 и т. д. Вероятно, у других форм дело касается при этом не изменения числа хромозом, а лишь отдельного участка той или иной хромозомы, что теперь также почти доказано для некоторых форм, — словом, связь между перегруппировками в хроматине и появлением мутаций несомненно имеется. Конечно, и эти наблюдения отнюдь еще не решают данного вопроса, а лишь намечают путь для его разрешения.

Таково в настоящее время положение вопроса о происхождении организмов, или эволюционной теории. Мы можем, таким образом, считать прочно установленным, что весь современный мир животных и растений не появился на земле в готовом виде сразу, а возник постепенно путем медленных изменений или эволюции из более простых форм. Все типы животного царства и главные отделы растительного связаны между собой кровным родством — родством по происхождению от общих предков, и наша система организмов, размещение их по различным систематическим группам, служит

лишь выражением различных степеней этого родства. Отнесение двух видов к разным родам или семействам говорит нам, что у них имелся сравнительно близкий (в геологическом смысле этого слова) общий предок, если же они относятся к разным классам или типам, то их общая исходная форма существовала когда-то очень давно, когда эти высшие систематические группы еще не обособились друг от друга. И все же даже наиболее удаленные друг от друга теперь животные или растительные формы имели когда-то общих предков, ибо многое заставляет думать, что все они развились из общего корня. Даже более того: повидимому, и животное и растительное царство связаны между собой таким же общим родством, т. е. и они имели когда-то общих предков вроде некоторых современных простейших, у которых и теперь особенности животной и растительной клетки перемешаны друг с другом. Можно думать, что путем расхождения признаков из таких форм и произошли, с одной стороны, все животные, а, с другой, все растения, а их общим предкам предшествовали когда-то еще более простые формы. Однако, все эти предположения, а также и другие о ходе эволюции различных животных и растительных групп для нас уже менее интересны: важно лишь существование эволюции организмов в целом.

Вопрос о происхождении человека.

Строго говоря, мы могли бы на этом и закончить настоящую главу, так как вопрос об эволюции организмов нами более или менее выяснен, а рассмотрение происхождения отдельных представителей животного и растительного царства относится уже не к общей биологии, а к специальным биологическим дисциплинам — зоологии и ботанике. Однако, есть форма, по отношению к которой этот вопрос следует поставить отдельно — не потому, что она является каким-либо исключением, а в силу того, что именно эта форма особенно для нас интересна, и такой формой является, конечно, сам человек. Скажем поэтому, в заключение, несколько слов о происхождении человека.

Что человек является одним из видов животных и, в частности, относится к классу млекопитающих, не может возбуждать, конечно; никаких сомнений. Еще Линней установил для человека особый род Человек (по-латыни *Номо*) с видом *Номо sapiens*, т. е. Человек мудрый, и отнес его в один отряд с обезьянами, дав этому отряду название приматов, т. е. первых, которое сохранилось за ними и в настоящее время.

Отряд приматов распадается на две главных группы, которые можно назвать обезьянами Нового Света и обезьянами Старого Света. Обезьяны Нового Света, населяющие Среднюю и Южную Америку, стоят по своей организации ниже обезьян Старого Света, распространенных в Африке и в южной Азии. Кроме того, по всем своим особенностям последние стоят гораздо ближе к чело-

веку, и особенно это справедливо для высшей группы обезьян Старого Света, так называемых человекообразных обезьян. Последние образуют особое семейство, к которому относятся наиболее крупные формы из современных обезьян—гibbon, оранг, шимпанзе и горилла, при чем первые два из них встречаются в юго-восточной Азии, а две других (шимпанзе и горилла)— в экваториальной части Африки.

Особенно сильно сходство этих человекообразных обезьян с человеком выступает на скелетах, если их расположить в один ряд, как это видно на рис. 116, который представляет собой снимок с экземпляров, находящихся в одном лондонском музее.

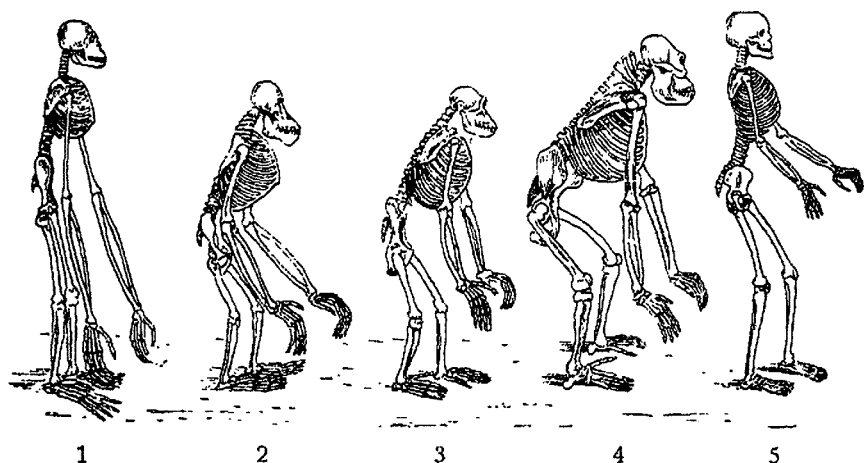


Рис. 116. Скелеты человекообразных обезьян и человека: 1—гиббона, 2—оранга, 3—шимпанзе, 4—гориллы, 5—человека.

Здесь же бросаются в глаза и некоторые специальные отличия человека от этих обезьян, стоящие, главным образом, в связи с его приспособлением к вертикальному положению: большая длина ног по сравнению с руками, то, что большой палец ноги у человека не противопоставляется другим, как у него на руках, а у обезьян и на ногах, вертикальность позвоночника, более сильное развитие мозговой части черепа за счет лицевой, которая у обезьян выдается в виде морды. К этому присоединяется более сильное развитие головного мозга, недоразвитие на теле волосяного покрова и ряд других признаков. Однако, это обстоятельство совершенно понятно, ибо если бы подобных отличий не было, то человек и не был бы человеком, а был бы только обезьяной, а к тому же чисто анатомические различия его от человекообразных обезьян по существу не особенно велики. Последнее видно хотя бы из того, что, по вычислению одного анатома, можно насчитать около 130 особенностей, отличающих человекообразных обезьян от низших

обезьян, а из них не менее ста встречается и у человека. С точки зрения систематики род Человек стоит рядом с человекообразными обезьянами и его, самое большое, можно выделить в особое семейство отряда приматов.

Мы отмечали выше, что отнесение двух или нескольких видов к двум различным родам или семействам говорит за то, что у них имелся сравнительно близкий общий предок, — отсюда ясно, что и человек должен иметь общее происхождение с человекообразными обезьянами, т.-е. оба эти семейства должны происходить от какой-то общей исходной формы, жившей при том в не особенно отдаленную от нас геологическую эпоху. Приписывать человеку какое-либо особенное происхождение по сравнению со всеми другими организмами нет решительно никаких оснований.

И, действительно, все, что нам известно о строении человеческого тела и о его развитии, решительно свидетельствует в пользу такого же эволюционного происхождения человека, как и всех других живых существ. Чтобы не вдаваться в детали, достаточно указать на ряд рудиментарных органов в человеческом теле вроде упоминавшегося выше червеобразного отростка слепой кишки (рис. 106), зубов мудрости, остатков волосяного покрова, рудиментов хвостовых позвонков и 13-ой пары ребер и т. п. Сюда же относятся такие чисто зародышевые органы человека, как жаберные щели на известной стадии развития (рис. 107) и многое другое, что человек мог получить только от своих более близких или более далеких предков.

Вообще зародышей человека на более ранних стадиях развития совершенно невозможно отличить от зародышей многих других млекопитающих, что также свидетельствует, как мы видели выше, об их общем происхождении. Еще интереснее тот факт, что многие различия человека и человекообразных обезьян сглаживаются, если от рассмотрения их у взрослых форм перейти к очень молодым детенышам или к зародышам незадолго до их рождения. Например, череп молодого детеныша оранга или гориллы гораздо больше напоминает череп человека, чем череп взрослого оранга или гориллы, руки у ребенка перед самым его выходом из чрева матери одной длины с ногами, а до того, как у обезьян, длиннее ног, на ногах человеческих зародышей большой палец противопоставляется остальным, и даже у новорожденного ребенка он гораздо подвижнее, чем у взрослого, и т. д. Словом, фактов в пользу эволюционного происхождения человека вообще и из одного корня с человекообразными обезьянами в частности, имеется чрезвычайно много. Лет 50—60 тому назад при решении этого вопроса приходилось основываться лишь на подобных фактах, что не помешало Дарвину и ряду других ученых высказаться именно в этом смысле. „Обезьяны, — писал Дарвин, — разделились с течением времени на две больших ветви: обезьян Нового и Старого Света; от последних же произошел в отдаленный период времени и человек — чудо и слава мира“.

Однако, все эти факты носят не прямой, а косвенный характер: те, кто упорно стоят на том, что в виду важности данного вопроса нужно прямое доказательство, вправе требовать и последнего; таким же доказательством может быть лишь свидетельство вымерших живых существ, т.-е. открытие таких ископаемых форм, которые наглядно показывают, как шла эволюция человека из обезьяноподобных предков, подобно известному уже нам ряду предков лошади. Во времена Дарвина таких прямых доказательств еще не было, но теперь мы находимся в гораздо лучшем положении и можем кое-что сообщить и об ископаемых людях или близких к ним формах.

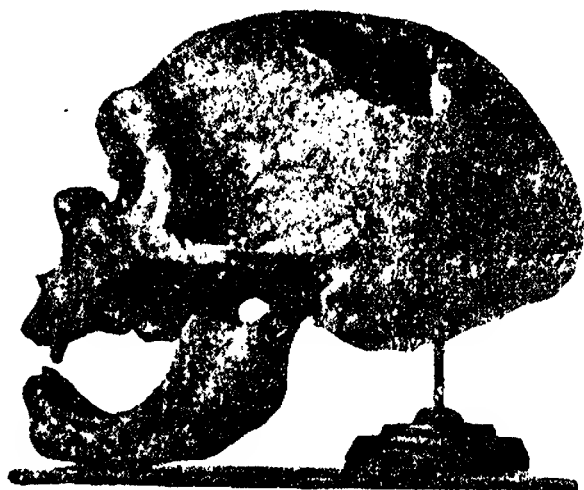


Рис. 117. Череп первобытного человека из Ля Шапель - о - Сен.

Лет сто тому назад существовало прочное убеждение, что человек жил только в современную эпоху и что ископаемого человека не существует. Однако, скоро это убеждение сильно поколебалось благодаря ряду находок, которые удалось сделать в отложениях самого последнего по времени периода новейшей эры, предшествующего современной эпохе. Этот пе-

риод носит название четвертичного или ледникового, так как в большей части Европы господствовал в то время довольно суровый климат и большие площади страны были покрыты льдом, как теперь в полярных странах. Именно в отложениях этого периода кроме остатков живших тогда крупных млекопитающих (мамонта, волосатого носорога, гигантского оленя, зубра и других) удалось обнаружить чрезвычайно грубо обделанные каменные орудия, которые могли быть изделиями только человека или близкого к нему существа. Однако, долгое время остатков самого человека не удавалось отыскать.

В 1856 году в долине Неандера в Германии были найдены части скелета, в том числе обломок черепа, принадлежавший несомненно человеку, но отличавшийся от современных черепов довольно заметными особенностями. Толкование значения этих особенностей вызвало оживленный спор, который долго оставался нерешенным, пока в самом конце прошлого столетия, а также в начале нынешнего не удалось сделать целого ряда подобных находок, при том

гораздо лучшей сохранности, после изучения которых стало совершенно ясно, что мы имеем здесь дело с остатками особого вида человека, жившего в Европе в четвертичный период и отличавшегося от современного человека довольно резкими особенностями. Этот вид ископаемого человека получил название первобытного человека—*Homo primigenius* и, таким образом, удалось установить, что род Человек (*Homo*) заключал раньше и другие виды.

Один из наилучше сохранившихся черепов этого древнего вида человека изображен на нашем рис. 117, а на рис. 118 мы видим сравнение передних отделов черепа современного человека (*Homo sapiens*)—2, первобытного человека (*Homo primigenius*)—3 и шим-

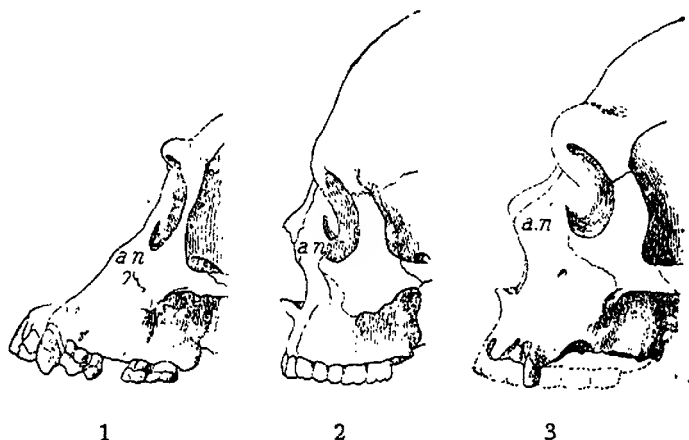


Рис. 118. Лицевая часть черепа шимпанзе (1), первобытного человека из Ля Шапель-о-Сен (3) и современного европейца (2).

панзе — 1. Не останавливаясь на деталях, следует отметить, что на черепе первобытного человека бросаются в глаза сильно развитые надбровные дуги над глазами, как у высших обезьян, лоб поднимается так же, как у последних, довольно покато к плоскому темени, которое спускается тоже покато к затылку, лицо отличается сильным выступанием челюстей, напоминая скорее звериную морду, нижняя челюсть характеризуется отсутствием выдающегося у нас теперь переднего угла, стоящего в связи с нашей способностью к членораздельной речи, которая, возможно, еще отсутствовала у этих первобытных людей, и т. д. Словом, по всем своим особенностям последние составляли особый вид, при том стоящий на гораздо более низкой ступени развития по сравнению с современным человеком.

Однако, неправильно думать, что этот *Homo primigenius* был прямым предком *Homo sapiens*, ибо теперь удалось обнаружить слои, в которых остатки того и другого встречаются рядом друг с другом. Повидимому, отношение этих двух видов нужно представить себе

так, что оба они, как вообще виды одного рода, развились из общего корня, но один из них, именно *Homo sapiens*, перегнал в своем развитии другой, более животноподобный, т.-е. *Homo primigenius*. Благодаря этому обстоятельству последний был побежден в борьбе за существование первым и вымер без остатка, как вымирают и исчезают все менее совершенные и менее приспособленные формы, уступая место более совершенным и более приспособленным.

Таким образом, *Homo primigenius* принадлежал к одному роду с современным *Homo sapiens*, и открытие остатков этих первобытных людей еще не разрешает вопроса о происхождении человека. Для последней цели особенно интересны остатки другой формы, найденной тридцать лет тому назад на острове Яве и получившей латинское название *Pithecanthropus erectus*, что значит обезьяночеловек прямоходящий.

На берегу одной речки, в слоях, относящихся к самому древнему отделу четвертичного периода, голландский натуралист Дюбуа обнаружил кусок крышки черепа, три коренных зуба и бедренную кость, принадлежавшие, повидимому, одному и тому же существу. Как видно по черепной крышке, изображенной на рис. 119, даже первобытный человек не имел такого плоского черепа и в этом отношении данный остаток стоит гораздо ближе к черепу шимпанзе или другой человекообразной обезьяны. То же самое можно сказать про падение лба и надбровные дуги, которые также сильно сближают яванскую находку Дюбуа с черепами не человека, а обезьян. Однако, когда Дюбуа определил приблизительный объем черепной полости или вместимость черепа у этой находки, то оказалось, что она занимает как раз промежуточное положение между величинами, характерными для обезьян и для человека; у человекообразных обезьян вместимость черепа не превышает 600 кубических сантиметров, у человека выше 1.000 куб. см (1.200 куб. см у первобытного человека, до 1.500 куб. см у европейцев), а у яванской находки она равна приблизительно 900 куб. см.

Благодаря всем этим особенностям Дюбуа не мог приписать данного черепа ни какому-нибудь вымершему виду человекообразных обезьян, ни особому виду человека, и признал его принадлежащим представителю особого рода, стоявшего по середине между высшими обезьянами и человеком, откуда и его родовое название — питекантроп, т.-е. обезьяночеловек.

Видовое название данной формы — *erectus*, т.-е. прямоходящий, дано на основании строения бедренной кости, которая, как видно уже по ее внешнему виду (рис. 119), могла принадлежать только существу, ходившему вертикально, на двух ногах, как человек, а не на четырех, как обезьяны.

Как же можно смотреть на этого обезьяночеловека, т. е. каково значение этой формы? Мнения на этот счет несколько расходятся: одни видят в нем наиболее человекоподобную обезьяну, другие — крайне обезьяновидного человека, третьи, наконец, вместе с Дюбуа

склоняются к тому, что питекантроп есть прямой предок человека, т.-е. переходная форма от обезьян к человеку. Впрочем, это различие во взглядах на значение питекантропа не особенно велико;

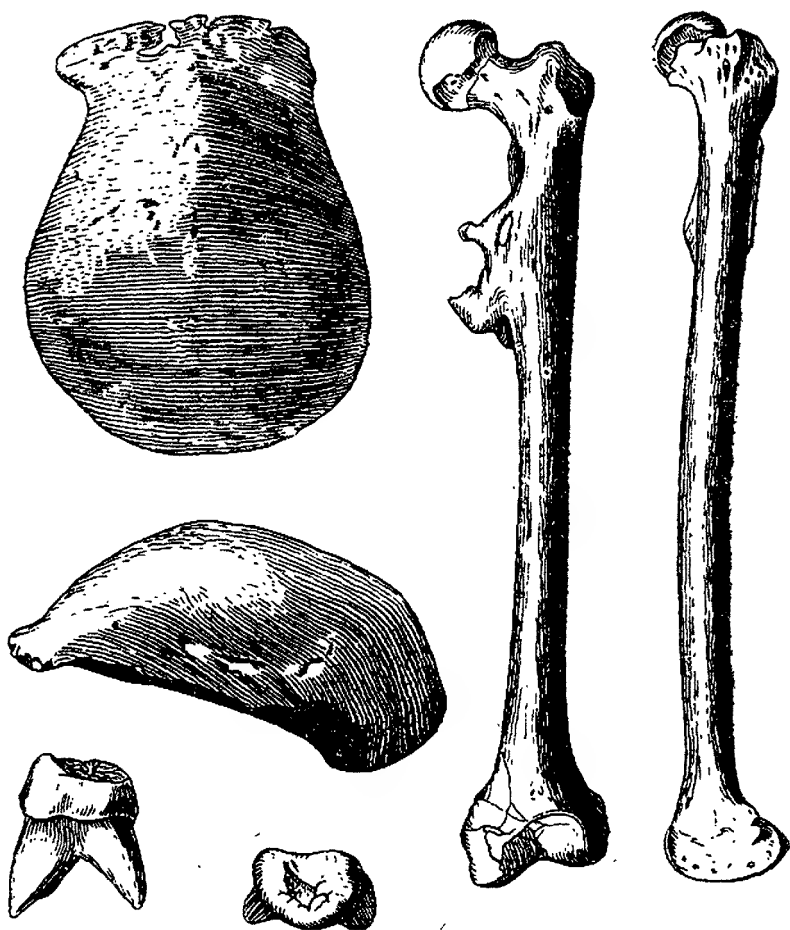


Рис. 119. Кости питекантропа: черепная крышка, коренной зуб и бедренная кость (в двух положениях).

если даже признать, что питекантроп не прямой предок человека, то, во всяком случае, это наиболее близкая к такому предку форма, которая наглядно показывает, какой, приблизительно, облик имела и та исходная форма, из которой развились первые представители рода Человек.

Сопоставим теперь отдельные члены ряда

Человекообраз- ные обезьяны	—	Pithecanthropus erectus	—	Homo primigenius	—	Homo sapiens
--------------------------------	---	----------------------------	---	---------------------	---	-----------------

друг с другом, и у нас получится требуемая цепь переходов от обезьян к человеку, вроде упоминавшегося выше ряда предков лошади. Средние звенья этого ряда уже вымерли, как вымирают все переходные формы, но открытие их остатков в ископаемом состоянии наглядно свидетельствует, что и человек произошел чисто эволюционным путем, как и все вообще организмы.

Пути эволюции человеческого рода.

Каковы же были те пути эволюции человеческого рода, которые привели его от стадии, отвечающей современным человекообразным обезьянам, к тому состоянию, на котором мы находимся теперь? Раз человек произошел тем же эволюционным путем, как и все вообще организмы, то не может быть сомнений, что его эволюция управлялась теми же факторами, как и эволюция всех вообще живых существ, и среди этих факторов главная роль принадлежит мутациям и подбору.

О мутациях у человека известно очень мало, что при его медленном размножении, а особенно при невозможности ставить над человеком опыты, вполне понятно и без длинных объяснений. Однако, несомненно, ряд особенностей у человека произошел тем же мутационным путем, как они возникают у всех организмов. Мы знаем, например, что у всех домашних животных существует ряд различно окрашенных пород, произошедших путем мутаций от общей им всем исходной дикой формы. Точно также различия в цвете глаз, волос и в других признаках, отличающих отдельные расы и племена человечества, имеют несомненно такое же происхождение. Благодаря мутациям в человечестве появляются, вероятно, и теперь некоторые уродства и болезни, которые носят наследственный характер, как, например, шестипалость, некоторые кожные и нервные заболевания и т. д.

Однако, еще большая роль, чем мутациям, принадлежала при эволюции человека подбору, так как только он мог закрепить каждое появляющееся вновь наследственное изменение, если оно было полезно для его обладателей. Не случайно, конечно, человеческие племена, живущие в экваториальных странах, сохранили черный цвет кожи и глаз, особенно выгодный при ярком освещении в тропиках, а представители северных рас имеют обычно белокурые волосы и светлые глаза, хотя, конечно, одинаково возможно, что каждая из подобных форм могла мутационным путем возникнуть как на севере, так и на юге. Влияние среды играло при этом тоже известную роль, но отнюдь не ту, которую ей приписывали раньше: среда изменяет, правда, общий облик организма, но это изменение не делается наследственным. Участие

окружающей обстановки в процессе эволюции носит чисто косвенный характер, так как подбор закрепляет везде и закреплял, конечно, и у человека только те изменения, которые гармонизировали с окружающей средой.

По существу действие естественного подбора в человеческом обществе носит тот же характер, как и у всех организмов, выражаясь в выживании наиболее приспособленных и в оставлении только ими достаточно большого числа потомков. Иногда, особенно у народов, стоящих на низкой ступени культурного развития, подбор выражается в вымирании всех менее приспособленных элементов; напротив, в культурных обществах он чаще выражается в том, что менее приспособленные и более слабые элементы оставляют очень мало потомства. Однако, в обоих случаях достигается одно и то же, а именно размножение одних наиболее приспособленных, что и обеспечивает собою дальнейшую эволюцию потомства последних. В этом отношении можно сказать, что все современное человечество создано путем подбора, и не будь последнего, не было бы и всей нашей культуры.

Евгеника.

Однако, раз это так, то невольно является вопрос — не может ли человечество овладеть до некоторой степени этим процессом подбора и направить тем самым нашу дальнейшую эволюцию в наиболее желательную для нас сторону? Ведь человек с полным успехом применил принцип подбора к выведению всех нужных ему домашних животных: нельзя ли и по отношению к наиболее ценному для нас самим материалу, т.-е. к самому человеку, сделать то же самое (конечно, в несколько иных формах) и добиться таким сознательным подбором результатов, которые путем бессознательного подбора, может быть, даже и недостижимы?

Еще Дарвин признавал все значение подобной идеи и писал в одном из своих произведений, что „человек мог бы способствовать разумным подбором не только развитию физического сложения и наружности своих потомков, но и развитию умственных и нравственных качеств“. Несомненно под влиянием учения Дарвина за разработку этой идеи взялся его двоюродный брат Гальтон, который уже в самом начале настоящего столетия положил начало особому направлению, получившему название евгеники (от греческих слов: ев — хороший, генос — род).

Евгеника стремится прежде всего изучить все те влияния, от которых зависят приращенные качества будущих поколений человечества, а затем направить эти влияния в ту сторону, которая приведет к улучшению наследственных качеств человеческого рода. При всех своих построениях евгеники исходят из двух предпосылок: во-первых, из наследственности, важное значение которой было уже выяснено нами в главе VI, и, во-вторых, из подбора.

В настоящее время дело идет еще, главным образом, о тщательном научном изучении этих явлений, поскольку они касаются человека. Однако, основная цель евгеники заключается в достижении того, чтобы деятельность естественного, совершенно бессознательного подбора, заменилась бы сознательным подбором наилучших элементов человеческого общества, который и должен обеспечить дальнейшую эволюцию человечества в наиболее желательном для него направлении.

Нельзя не отметить, что под влиянием пропаганды прежде всего Гальтона, а затем и ряда других лиц, евгеническое движение широко распространилось сперва в Англии и в Америке, а затем и в других культурных странах. Имеются теперь евгенические общества и другие организации и в главных центрах нашего Союза ¹⁾.

Едва ли нужно особенно подчеркивать значение тех перспектив, которые откроются перед нами, когда основная цель евгеники осуществится в будущем. Между тем, сама евгеника является только детищем эволюционной теории. И отсюда мы видим, какие важные результаты дает нам последняя не только для понимания прошлого, но и для строительства будущего.

¹⁾ Подробнее об евгенике см. нашу книжку: „Пути улучшения человеческого рода. — Евгеника“. Госиздат, 1924.

ГЛАВА ДЕСЯТАЯ.

Что такое жизнь?

Относительность различий между организмами и телами мертвой природы и между существами живыми и умершими. — Механизм и витализм. — Вопрос о происхождении жизни на земле.

Мы начали нашу книжку с этого вопроса, как примера одной из основных проблем биологии, — к нему же должны вернуться и теперь в конце ее. Итак, что такое жизнь, т.-е. чем живые существа отличаются, с одной стороны, от тел мертвой природы, а с другой, от существ уже умерших? Подведя итоги всему, сказанному выше об особенностях организмов, мы можем теперь попытаться ответить на этот вопрос.

Организмы и тела мертвой природы.

Мы видели прежде всего (глава II), что все живые существа отличаются известным строением или организацией, откуда и их название — организмы. Выше же было отмечено, что для последних наиболее характерен не состав из отдельных органов и тканей, а их клеточное строение, свойственное всем без исключения живым существам. Однако эта, хотя и чрезвычайно важная, особенность не является чем-либо безусловно отличающим организмы от тел мертвой природы. Укажем хотя бы на то, что среди последних имеются много кристаллических горных пород вроде гранита, в состав которых входят кристаллы различных минералов (в состав гранита — кристаллы полевого шпата, кварца и слюды), при чем вполне возможно провести ряд аналогий между этим кристаллическим строением горной породы и клеточным строением организма, точно так же как между клеткой и кристаллом. Словом, с этой стороны, провести принципиальное различие между телами живой и мертвой природы невозможно.

Для всех организмов затем чрезвычайно характерен их сложный химический состав, особенно наличность во всех них сложнейших белковых соединений. Однако, последние содержат в себе, как и все другие составные вещества тела живых существ, те же самые элементы, которые содержатся и в телах мертвой природы: следовательно, дело при этом идет, как говорится, только о количественном различии, о большей или меньшей сложности составных веществ, а отнюдь не о различиях принципиального характера.

У организмов мы замечаем затем ряд свойственных им всем отправлений, о которых подробно говорилось в главе III и IV и из которых и составляется то, что мы называем жизнью каждого организма. Казалось бы, именно все эти отправления и должны наиболее полно характеризовать жизнь в отличие и от тел мертвой природы и от существ умерших. Однако, и здесь более тщательное рассмотрение вопроса не дает нам ничего такого, что позволило бы действительно резко отграничить жизнь от ее противоположностей.

Начнем с различия в этом отношении между телами живой и мертвой природы. Как ни характерен для первых обмен веществ, но нечто весьма близкое к нему встречается и среди тел неорганических. При некоторых химических реакциях, например, при выработке серной кислоты (на чем мы не будем останавливаться подробнее), происходит все время распадение и затем образование вновь известного вещества путем принятия и отдачи другого вещества, т.-е. процесс, весьма напоминающий, хотя и в более простой форме, обмен веществ в организмах. Вторая функция организмов, их размножение, как говорилось уже выше, есть естественное следствие обмена веществ и вытекающего из него роста, или „рост за пределы особи“. Растут же, конечно, не только живые существа, как казалось в свое время Линнею, а и кристаллы, точно так же как делиться на части могут хотя бы капельки ртути, т.-е. все эти явления могут происходить и среди тел мертвой природы. В движении издавна видели характерное свойство живых существ, но, конечно, движется множество и неорганических тел. Указывалось, что причина движения последних лежит обычно вне их, а у живых существ скрыта в самих организмах, но это неверно, так как под влиянием чисто внутренних причин движется, например, и паровая машина. Что касается, наконец, до наиболее своеобразного отправления организмов — их раздражимости или чувствительности, то в основе своей, как мы уже говорили, это явление сводится к способности отвечать на воздействия, идущие извне, известным строго определенным, как выражаются, специфическим образом, при чем зачастую очень незначительное раздражение вызывает непропорционально сильный результат. Однако, такую же раздражимость или возбудимость можно наблюдать и у взрывчатых веществ, когда динамит или порох взрывается со страшной силой от сравнительно ничтожной причины. Словом, и отправления организмов столь же мало могут послужить для проведения резкой границы между ними и телами мертвой природы, как и организация и химический состав.

Существа живые и умершие.

Быть может, однако, в этих отправлениях заключается как раз резкое различие между организмами живыми и мертвыми, т.-е. между жизнью и смертью? Конечно, это именно так и есть,

и лишь для живого существа характерен его обмен веществ, движение, чувствительность и размножение. Тем не менее далеко не все эти функции свойственны непременно каждому живому существу. Так, и среди животных и среди растений имеется целый ряд совершенно неподвижных форм, и это не мешает им быть живыми существами. Чувствительность у любого организма может быть на время подавлена различными анестезирующими веществами (хлороформом, эфиром), но он от этого не умирает. Наконец, мы знаем у общественных насекомых целую касту бесполой особей, способных к размножению, и тем не менее это живые существа. Только обмен веществ присущ каждому живому организму, и с его прекращением наступает смерть, почему мы и сказали уже выше, что жизнь в отличие от смерти наиболее характеризуется присущим ей обменом веществ.

Однако, это положение тоже не может быть принято в совершенно безусловной форме. Дело в том, что, как мы тоже уже отмечали (глава VII), кроме состояния деятельной или активной жизни существует и другое, именно состояние скрытой жизни или мнимой смерти. В это состояние впадают некоторые организмы вроде упоминавшихся выше тихоходок при наступлении неблагоприятных условий, когда они сморщиваются и засыхают, при чем обмен веществ в их теле совершенно прекращается. Нет его, как показали самые точные исследования, и у сухих семян растений, зародыш которых находится в это время также в состоянии скрытой жизни. Однако, все эти организмы отнюдь не мертвые, а только безжизненные: жизнь в них не исчезла, а только остановилась на время, как можно остановить заведенные и вполне исправные часы. Значит, отсутствие обмена веществ не есть еще признак смерти: его не бывает и у организмов, находящихся в состоянии скрытой жизни, так что и с этой стороны установить вполне точную и резкую границу между жизнью и смертью невозможно, как нельзя установить ее между телами живой и мертвой природы.

Относительность всех различий.

Чрезвычайно характерная особенность живых существ это их развитие: как развитие каждой отдельной особи в течение ее индивидуальной жизни, так и развитие всего мира организмов в течение ряда веков, или его эволюция. Однако, подобие и того и другого процесса мы находим тоже среди тел мертвой природы: некоторые неорганические вещества при известных реакциях испытывают ряд превращений, которые можно до известной степени сравнить с постепенным развитием каждого организма, — так, расплавленная и вылитая в воду сера лишь спустя некоторое время принимает тот вид и цвет, который характерен для серы вообще, испытывая при этом известные изменения. С другой стороны, эволюция свойственна и небесным телам, и члены нашей солнечной

системы, т.-е. солнце, все планеты и их спутники, возникли из общей для них всех туманности и лишь постепенно приняли свой современный вид, пройдя ряд последовательных стадий или состояний (газообразной массы, расплавленного огненножидкого тела, покрывавшегося затем твердой корой, и т. д.).

Кроме разобранных нами сейчас особенностей организмов указывались иногда и другие, в которых также пытались видеть их особо характерные, отличительные признаки по сравнению с миром неорганическим. Так, известный философ Спенсер считал за особенно важный признак живых существ их способность восстанавливать свою форму, заживлять раны и вообще, как он выражался, приспосабливать свои внутренние отношения к внешним. Подобным же образом выдающийся биолог Ру отмечает, что для организмов наиболее характерно их самоподдерживание и саморегулирование, повимая под этим восстановление и сохранение всех существенных особенностей каждого и постоянное приспособление к окружающим условиям. Однако, и эта чрезвычайно важная отличительная черта организмов, в гораздо меньшей, конечно, степени, наблюдается и у некоторых неорганических тел, и в частности кристалл, если повредить его и опустить затем в насыщенный раствор того вещества, из которого он состоит, тоже восстанавливает свою форму и заживает нанесенное ему повреждение.

Подводя итоги, приходится признать, что нет ни одной особенности организмов, в которой мы могли бы видеть нечто свойственное только им и резко отличающее их от тел мертвой природы: все свойства организмов имеют всегда что-либо отвечающее им в неорганическом мире. Таким образом, жизнь нельзя определить каким-нибудь одним признаком, и она характеризуется всей совокупностью присущих ей признаков, каждый из которых, будучи взят в отдельности, не дает нам еще ничего. Но, конечно, если сказать, что пред нами тело сложного химического состава, имеющее определенное строение и обладающее обменом веществ и другими отправлениями, для которого характерен известный цикл развития — то таким телом может быть лишь живой организм, ибо в телах мертвой природы уже не встречается такого сочетания всех этих свойств.

Механизм и витализм

Однако, если это так, то нельзя ли из этого сделать и дальнейший вывод, именно, что между организмами и телами мертвой природы нет вообще никаких принципиальных различий по существу, что одни и те же законы управляют и теми и другими, так что жизнь сводится целиком к деятельности тех физических и химических сил, которые играют такую важную роль в мире неорганическом? Вывод этот однако при современном состоянии науки нельзя не признать несколько преждевременным.

Дело в том, что некоторые особенности живых существ настолько своеобразны, настолько сложны и непохожи на то, что мы видим в мертвом мире, что невольно напрашивается сомнение, можно ли их свести без остатка на одни физико-химические силы и не заключается ли в них еще чего-нибудь, свойственного только жизни, как таковой. Возьмем, например, раздражимость организмов, незаметно переходящую в их сложную психическую жизнь, высшей формой которой является душевная жизнь человека и, в частности, каждого из нас. Достаточно ли для понимания ее одних законов физики и химии, можно ли свести к ним всю эту загадочнейшую область даже в будущем, что в настоящее время науке совсем не удастся? И даже для объяснения самых простых тропизмов или простейшей рефлекторной дуги не следует ли предполагать еще чего-то сверх известных физико-химических сил, играющих и здесь, конечно, очень важную роль? Или если взять явления наследственности и учесть, что, по выражению одного из биологов, уже „яйцо курицы отличается от яйца лягушки не менее, чем взрослая курица от лягушки“, т.-е. что в обоих яйцах все свойства каждой из этих форм содержатся в своем полном виде, то не сталкиваемся ли мы и здесь с такой загадкой жизни, которую объяснить одними законами физики и химии чрезвычайно трудно? Все это, конечно, только вопросы, но самая возможность их пока-зывает, что данная проблема еще далеко не разрешена.

Наличность некоторых еще не разрешенных, а иногда и вообще неразрешимых проблем — характерная особенность каждой науки. Но пытливый человеческий ум не останавливается обычно перед этим, а нередко забегает значительно вперед и старается разрешить все волнующие его вопросы хотя бы в виде известных гипотез и предположений. Так и в вопросе о сущности жизни, об отношении управляющих ею законов к законам физики и химии давно уже существуют два течения, ведущие между собою ожесточенную борьбу. Одно из них, называемое механизмом, утверждает, что все жизненные явления сводимы на физико-химические процессы, почему и на организмы нужно смотреть, как на очень сложные химические машины. Другое направление, именно витализм, решительно отрицает это и признает существование в жизненных явлениях самостоятельных начал, отсутствующих в неорганическом мире.

Каждое из этих течений имеет ряд видных представителей и являлось в известное время господствующим в науке. Так, в XVII веке во время начала расцвета физики большинство биологов было механистами, с начала же XVIII столетия в биологии возникает учение об особой жизненной силе, управляющей телом организмов и всеми жизненными явлениями, т.-е. возникает витализм, который и продержался затем в качестве господствующего направления до середины прошлого, XIX века. Вторая половина последнего ознаменовалась новым расцветом чисто механического взгляда на жизнь, который приобрел в это время многих видных

сторонников. Наконец, самый конец XIX и начало XX века характеризуются возрождением витализма, приверженцы которого, называемые неовиталистами, ведут и теперь оживленный спор с представителями механического учения, выдвигая в пользу правильности своей точки зрения целый ряд аргументов и особенно подчеркивая ту целесообразность, которая отличает все жизненные явления.

Мы не будем, однако, останавливаться здесь на деталях этого спора и на доказательствах, приводимых той и другой стороной, так как они все же не разрешают вопроса. При настоящем состоянии науки последний неразрешим, и то или иное отношение к нему есть дело личных убеждений каждого, т.-е. скорее предмет веры, чем точного знания. Для полноты мировоззрения каждого из нас, может быть, и важно притти к тому или иному ответу на этот вопрос, но подобное разрешение его не может носить обязательного характера для других. К тому же при своих исследованиях как механисты, так и виталисты применяют одни и те же методы и приемы, стремясь свести все наблюдаемые явления на более простые физико-химические процессы, — только одни думают, что при этом им удастся свести к ним все без остатка, другие же надеются выявить этим путем загадочное жизненное начало. В виду этого тот упрек, который делается иногда механистами виталистам в ненаучности их построений, отнюдь нельзя признать правильным.

Таким образом, в вопросе о механизме и витализме, сводимости или несводимости жизненных явлений на физико-химические процессы без остатка лучше всего занять более осторожную позицию. Ни одна из этих точек зрения не может ни доказать справедливости своих положений, ни опровергнуть противоположные: следовательно, ни одна из них и не является обязательной для науки. Последняя имеет дело лишь с точно установленными фактами и законами, которых мы и старались всё время держаться при нашем изложении. Разрешение же этого долголетнего спора есть дело будущего и, быть может, даже довольно отдаленного, так как пока у нас мало нужных для этого данных.

Однако, раз мы вдалились здесь уже в область гипотез и предположений, то небезынтересно будет в заключение остановиться еще на одной, имеющей связь с затронутыми нами проблемами, и коснуться вопроса о происхождении жизни на земле.

Вопрос о происхождении жизни на земле.

Данный вопрос получил особенный интерес приблизительно с того времени, когда наукой была принята теория Дарвина, так как в это же время была окончательно опровергнута возможность происхождения из неорганизованного вещества какого бы то ни было из известных теперь организмов. До того подобная возможность или произвольное зарождение живых существ пользовалось широким признанием и в силу этого вопрос о первом появлении жизни на земле почти и не поднимался.

В древности и в средние века к допущению произвольного зарождения постоянно прибегали в тех случаях, когда появление того или иного организма было почему-либо непонятно, при чем принимали это даже для высокоорганизованных существ. Аристотель, например, находил вполне возможным допустить, что не только черви и насекомые, но даже рыбы возникают из ила в пересохших перед тем бассейнах. Лишь изучение строения различных организмов, а также их способов размножения в XVII веке показало невероятность подобного предположения, и такие наивные допущения были оставлены наукой, что нашло себе выражение в известном изречении, принадлежащем Гарвею: „Все живое из яйца“, т.-е. каждый организм происходит всегда от другого организма.

Однако, в это же время благодаря изобретению микроскопа был открыт неизвестный дотоле мир микроскопических одноклеточных организмов. Последние получили название „инфузорий“, или „наливочных животных“, за свою способность разводить в большом количестве в настоях воды на мертвом органическом или неорганическом веществе (например, на сене, земле и т. п.). Они возникают при этом, как теперь хорошо известно, из своих цист, о которых мы уже говорили выше; при чем внутри такой цисты простейшее остается иногда очень долгое время в состоянии скрытой жизни, а, попав в настой на сене или другую благоприятную среду, выходит из нее и начинает быстро размножаться. Когда были открыты инфузории, этого еще не знали, и благодаря этому на них и на других простейших было перенесено учение о произвольном зарождении, которое и допускалось по отношению к ним до середины XIX века.

Другая группа животных, для которых очень долго допускалось то же самое, — это различные кишечные паразиты или глисты. Потребовалось много времени и труда, чтобы выяснить их сложную историю развития и доказать, что и здесь каждая такая особь всегда происходит лишь от подобной себе, что было окончательно установлено тоже лишь в первой половине прошлого столетия.

К середине XIX века и жизнь паразитов и условия существования простейших были настолько выяснены, что допускать их возникновение из неорганизованного вещества не представлялось уже более возможным. Однако, оставалась еще одна группа самых низших организмов, открытых позже всех других, именно бактерии, для которых это казалось все же допустимым как благодаря их мельчайшей величине и чрезвычайно простому строению, так и благодаря повсеместному распространению этих организмов — и в воздухе, и в воде, и в земле, а также массовому появлению их во всех питательных средах и т. д. Однако, и по отношению к бактериям учение о произвольном зарождении было, наконец, опровергнуто благодаря работам основателя современной бактериологии Пастёра.

В 1861 году Пастёр во время своего знаменитого спора со сторонниками произвольного зарождения бактерий показал, что

если кипячением освободить любую жидкость или питательную среду от бактерий и их спор и преградить затем, хотя бы ватой, доступ им туда из воздуха, то в такой жидкости бактерии никогда не возникают, т.-е. что и они происходят всегда лишь от себе подобных. А так как организмов, стоящих ниже бактерий, неизвестно, то тем самым была опровергнута вообще возможность произвольного зарождения каких бы то ни было ныне живущих организмов.

Однако, так или иначе, но жизнь на земле несомненно имеет известное начало, так как было время, когда наша земля, как и другие тела солнечной системы, сперва входила в состав общей для всех них газообразной туманности, а затем представляла из себя раскаленный огненно-жидкий шар, и в это время, конечно, жизнь на ней была совершенно невозможна. Лишь позднее, когда земля постепенно охладилась, покрылась твердой корой, когда образовались первые материка и океаны, а также атмосфера, на ней могли появиться и первые живые существа, которые, конечно, как это ясно вытекает из эволюционной теории, должны были стоять на чрезвычайно низкой ступени развития. Спрашивается, откуда и каким образом они могли возникнуть? Ответить на это можно лишь чисто предположительно или гипотетически, и таких гипотез о происхождении жизни на земле имеется несколько, но их все можно свести к двум главным.

Одну из них можно назвать гипотезой произвольного зарождения — она возникла вслед за появлением в науке эволюционной теории и пользуется и теперь сочувствием очень многих ученых. Эта гипотеза или оставляет вопрос о возможности произвольного зарождения жизни в настоящее время в стороне или соглашается даже с невозможностью этого, но подчеркивает, что если что-нибудь невозможно теперь, то это не значит, что оно было невозможно всегда. Напротив, по отношению к первому появлению жизни на земле вопрос должен быть разобран самостоятельно, так как первые живые существа на земной поверхности могли стоять значительно ниже и быть устроены проще всех существующих теперь организмов, да и в то время могли быть налицо совершенно иные условия. Благодаря своеобразию последних, по мнению сторонников данной гипотезы, вслед за возникновением на земле твердой коры и океанов из безжизненного неорганического вещества и могли возникнуть первые организмы. Так как теперь этих условий более уже нет, то процесс произвольного зарождения более и не повторяется, а весь существующий в настоящее время мир живых существ возник путем эволюции из первых пионеров жизни на земле, которые по своей организации стояли, вероятно, даже ниже клеток и представляли из себя, быть может, однородные комочки живого белка, еще лишенные специального строения.

Делались при этом и попытки выяснить, что представляли из себя те своеобразные условия, при которых стал возможен переход безжизненного, неорганизованного вещества в живое. Указывали

на температуру краснокалийного жара, которая могла иметь место на земле при образовании на ней твердой коры, между тем только при такой температуре углерод и соединяется с азотом и т. д. Однако мы еще слишком недостаточно знакомы и со строением живой белковой частицы и с условиями, имевшими место на земле в первые периоды ее существования, так что покуда, если и можно принимать гипотезу произвольного зарождения организмов, то лишь в ее самой общей форме, не останавливаясь на деталях.

Вторая гипотеза, называемая гипотезой переноса зародышей, стоит на совершенно иной точке зрения и считает прежде всего, что жизнь вечна и всегда существовала в виде живых организмов — клеток и особей, состоящих из клеток. Иначе говоря, как физика и химия принимают неразрушимость и вечное существование материи, так и биология, согласно данной гипотезе, должна признать извечное и изначальное существование жизни, т.-е. что живая и мертвая материя всегда существовали параллельно друг другу в различных и независимых формах. При этом жизнь, конечно, не может ограничиваться пределами земли, а должна существовать и на других телах солнечной системы и вообще всюду во вселенной, где для этого имеются подходящие условия.

Дать какое-либо доказательство мысли об обитаемости других небесных миров, конечно, невозможно, но нельзя и опровергнуть ее, и идея эта имеет теперь многих сторонников. Однако отнюдь не на всех звездах и планетах можно предполагать наличие живых существ.

Одни из небесных тел не могут иметь на своей поверхности жизни, так как они для этого, так сказать, еще слишком молоды и, подобно хотя бы солнцу, находятся в расплавленном огненно-жидком состоянии, исключающем возможность существования организмов. Другие небесные тела не имеют их на своей поверхности по другой причине — именно потому, что они, так сказать, слишком стары и, как, например, луна, утерали запасы своего внутреннего жара и лишены когда-то бывшей, вероятно, и на них атмосферы и воды. Однако, имеются небесные тела вроде хотя бы ближайших к земле планет (Венеры и Марса), которые обладают и атмосферой и водой и на которых условия существования, вероятно, довольно близки к земным, — поэтому относительно них вполне возможно предположение, что и они обладают свойственными им организмами, которые, таким образом, не ограничиваются в своем распространении одной только землей. Однако, было время, когда и на земле не было жизни, точно так же как наступит впоследствии, вероятно, такое время, что она исчезнет на ней, когда земля придет в состояние, подобное современному состоянию луны. И все же жизнь при этом не исчезнет совершенно, а, погаснув на нашей планете, будет продолжаться на других небесных телах, так как между ними необходимо предположить известный обмен организмами или круговорот жизни по всей вселенной.

От допущения переноса зародышей жизни с одного небесного тела на другое рассматриваемая нами гипотеза и получила свое название, так как это допущение является столь же важными для нее, как и принятие вечного существования живой материи. Каким же образом возможно это общение миров друг с другом для того, чтобы одряхлевший и умирающий мир мог передать свои зародыши жизни другому, более молодому миру?

Прежние сторонники гипотезы переноса зародышей — между прочим, известные физики Томсон и Гельмгольц — считали возможным допустить перенос мельчайших зародышей живых существ, вроде спор или цист бактерий, с одного небесного тела на другое при помощи так называемых метеоритов. Последние представляют собою небольшие обломки, оторвавшиеся от различных небесных тел и постоянно попадающие (в виде падающих звезд) в нашу атмосферу и затем на землю, а также и на другие планеты. Если метеорит оторвался от населенной живыми существами планеты, то он легко мог унести с собой и зародыши мельчайших организмов, а затем занести их и на другую планету. Против подобного способа переноса были сделаны однако серьезные возражения, но недавно известный шведский физик Аррениус указал, что перенос зародышей жизни может происходить совершенно иным путем. Оказывается, что световые, тепловые и другие лучи, пронизывающие межпланетное пространство, производят известное давление, достаточное для того, чтобы благодаря ему споры некоторых микроорганизмов были унесены хотя бы из земной атмосферы и затем перенесены на другие планеты и даже звезды, где они могут прорасти, если найдут для этого подходящие условия. Конечно, если на этом небесном теле имеется свой собственный мир организмов, то пришельцы из другого небесного мира вряд ли окажутся способными конкурировать с ним в борьбе за существование и, вероятно, скоро погибнут. Если же такие зародыши будут занесены туда, где имеются уже налицо все надлежащие условия для жизни, но нет еще живых существ, то они быстро начнут развиваться и произведут путем эволюции сложный мир организмов. Так, согласно гипотезе переноса зародышей, зародилась жизнь на земле, так зарождается и будет всегда зарождаться она на других небесных телах, но это все лишь местные вспышки жизни в ее отдельных очагах, по существу же жизнь и живая материя вечны.

Что можем мы сказать по поводу изложенных сейчас двух гипотез о происхождении жизни на земле? Очевидно, то же самое, что выше было сказано по поводу механизма и витализма: ни одна из них не может ни доказать своей окончательной правоты, ни опровергнуть другую — значит, вопрос этот неразрешен и тот или иной ответ на него не является обязательным для науки, а выбор между ними есть уже дело личного вкуса каждого. Не трудно видеть, однако, что между механистическим и виталистическим взглядом на жизнь и той или иной из этих гипотез имеется несо-

мненная связь. Для механиста гипотеза произвольного зарождения является не только вполне приемлемой, но и единственно возможной, раз он вообще не находит принципиального различия между живой и мертвой природой. Происхождение первой из второй является лишь логическим выводом из его общего мировоззрения на всю природу. Напротив, виталист не может согласиться с гипотезой произвольного зарождения, так как виталистическая точка зрения не может допустить перехода мертвой материи в живой организм иначе, как при помощи чуда, а допущение чудес и научное объяснение, конечно, взаимно исключают друг друга. Гипотеза же переноса зародышей, допускающая вечность жизни во вселенной в виде особого ряда, параллельного мертвой природе, но не происходящего из него, вполне гармонирует со всем виталистическим мировоззрением. Этого, однако, не следует понимать так, что данная гипотеза входит, как составная часть, в витализм, тем более, что и авторы ее были очень далеки от этого направления. Тем не менее не будет ошибкой признать, что в вопросе о происхождении жизни на земле каждый последовательный механист должен поддерживать гипотезу произвольного зарождения, точно так же как каждый последовательный виталист будет скорее всего держаться гипотезы переноса зародышей. Окончательно же может быть разрешен этот вопрос лишь последующими исследованиями, если он вообще относится к числу разрешимых.

Механизм и витализм, гипотеза произвольного зарождения и гипотеза переноса зародышей — мы нарочно остановились на этих спорных вопросах в конце нашей книги, чтобы показать, что и в области биологии имеется не мало еще совершенно неразрешенных проблем. Быть может, в более или менее близком или отдаленном будущем, они и получат разрешение, но одно совершенно несомненно, что на место их станут новые вопросы и новые проблемы, о которых теперь мы не имеем еще никакого понятия, и эти новые спорные вопросы будут так же занимать будущих исследователей.

Такова, впрочем, общая судьба всех научных дисциплин, ибо и каждая из них в отдельности и наука в ее целом все время движутся вперед и, открывая новые факты, раскрывают перед собою и новые горизонты. Глубоко правильно выразился в этом отношении Карл Бэр сказав, что „наука вечна в своих источниках, неизмерима в своем объеме, безгранична в своих задачах, недостижима в своей конечной цели“.

В заключение мы считаем небесполезным назвать здесь несколько книг по некоторым из затронутых нами вопросов, чтобы заинтересовавшийся тем или иным отделом общей биологии читатель мог расширить свое знакомство с последними.

К числу подобных книг относятся:

По общей анатомии и физиологии (клеточной теории)

- О. Гертвиг. — Общая биология (Клетка и ткани). Основы общей анатомии и физиологии. Том I. Изд. 3-е Риккера. Спб. 1911.
 М. Ферворн. — Общая физиология. Основы учения о жизни. (3 выпуска). М. 1912.

По вопросам размножения, развития и наследственности

- Р. С. Берг. — Курс общей эмбриологии. Спб. 1900.
 И. П. Бородин. — Процесс оплодотворения в растительном царстве. Изд. 2-е. Спб. 1896.
 Ю. А. Филипченко. — Наследственность. Изд. 3-е Госиздата. 1926.

По экологии и географии животных

- Н. М. Книпович. — Курс общей зоологии. Изд. 3-е Госиздата, 1924. Главы IX и X.

По эволюционной теории

- К. А. Тимирязев. — Чарльз Дарвин и его учение. М. (Имеется ряд изданий).
 А. Р. Уоллес. — Дарвинизм. — Библиотека для самообразования. XV. М. 1898.
 Ю. А. Филипченко. — Изменчивость и ее значение для эволюции. — Госиздат. 1924.
 Б. Н. Вишневский. — Происхождение и древность человека. Изд. „Сеятель“. 1926.

Указатель терминов.

А

Акклиматизация	153
Амитоз	66
Анатомия	17
Антеридий	84
Археогоний	84
Ассимиляция	41, 43
Ахроматин	29

Б

Белковые тела	39
Биогеографические области	161, 189
Биогеография	159
Биология	5
Бластула	108
Борьба за существование	171
Ботаника	5

В

Вакуоли	29
Вид	9, 170
Витализм	213
Вторичные половые признаки	134

Г

Гаметы	103
Гастрюла	108
Гелиотропизм	59
Геотропизм	59
Гермафродитизм	81
Гетерозигота	123
Гибрид	117
Гомозигота	123

Д

Движение	50
„ амебоидное	51
„ мерцательное	51
„ мышечное	52
Деление	66, 71
„ не прямое	67
„ прямое	66
Диморфизм	134
„ половой	134
„ сезонный	155
Диссимиляция	41, 45
Доминирующий признак	118
Дробление	104

Е

Евгееника	207
Естественный подбор	171

Ж

Жгуты	52
Желток	77
Живорождение	81
Живчик	78
Жиры	40

З

Завязь	83
Закон расщепления	118
Зародышевые слои	106
Зигота	123
Зоология	5
Зооспоры	75

И

Изменчивость	167, 192
Инстинкт	140
Искусственный подбор	167

К

Кариокинез	67
Класс	10
Классификация	8
Клетка	22
Колонии	136
Конъюгация	101
Копуляция	10

Л

Личинка	109
-------------------	-----

М

Макронуклеус	33
Матка	81
Мезодерма	108
Мейоз	124
Метаморфоз	109
Механизм	213
Микронуклеус	33
Миметизм	158, 175
Мимикрия	158
Митоз	67
Многоклеточные организмы	23
Момеры	28
Морфология	177
Мутации	196

Н

Насекомоядные растения	149
Наследственность	112

Наследственность приобретенных свойств	114
Наслед. формулы	126
Направительные тельца	95
Неодарвинизм	191
Неоламаркизм	191
Номенклатура двойная	12

О

Область распространения	159
Общественная жизнь	138
Обмен веществ	37
„ энергии	47
Общны	138
Одноклеточные организмы	23
Оогоний	84
Оплодотворение	76, 80, 96
Определение пола	129
Опыление	83, 148
Орган	17
Организм	5, 7
Органы аналогичные	179
„ гомологичные	179
„ животной жизни	37
„ животных	17
„ растений	20
„ растительной жизни	37
Отдел	14
Отряд	10

П

Палеонтология	183
Паразитизм	143, 175
Партеногенез	86, 100
Первичные зачатки	108
Первобытный человек	202
Перекрестное оплодотворение	82
Переходные формы	179, 186
Пестик	83
Пигменты	47
Питекантроп	204
Пластиды	32
Плотоядные растения	149
Подбор	167, 192
Подражательная окраска	174
Покровительствен. окраска	174
Поллмортизм	175
Половой акт	76
Половые клетки	76
„ органы	81
„ продукты	76
Полость дробления	107
Породы	165
Почкование	72, 73
Правило преобладания	118
Превращение	109
Прирожденные особенности	113
Приобретенные особенности	114
Произвольное зарождение	214
Протоплазма	26
Психическая жизнь	140

Р

Развитие	91
Раздельнополость	81
Раздражение	55
Раздражимость	55
Размножение	65
„ бесполое	76
„ вегетативное	74
„ девственное	86
„ половое	76
Разновидность	156, 169
Разумные действия	140
Расхождение признаков	172
Расщепление	118
Регенерация	71
Регресс	144
Редукционные тельца	95
Редукция хроматина	94
Реснички	33, 51
Рефлекс	63
Рефлекторная дуга	63
Рецессивный признак	118
Род	10, 174
Рудиментарные органы	181
Ряд изменчивости	192

С

Самооплодотворение	82
Самоопыление	147
Сапрофитизм	151
Сборимые типы	186
Секреты	47
Семейство	10, 174
Семенник	81
Семенные нити	77
Семепровод	81
Симбиоз	141, 175
Систематика	8
Скрытая жизнь	154
Смена хозяев	146
Созревание	93
Созокупительные органы	81
Сократимость	53
Сперматозоид	78
Специфическая энергия	61
Спорангий	75
Споруляция	72, 74
Спячка	155
Средняя величина	192
Сфера притяжения	30

Т

Термотропизм	58
Тип	12
Ткань	21, 24
Ткани животных	21
„ растений	21
Тропизмы	58
Тычинка	83

У

Углеводы	40
Умозрит. теории наследств.	112

Ф

Фагоцитоз	43
Факторы	126
Фауна	160
Ферменты	42
Физиология	36
Флора	160
Фототропизм	59
Функции животные	37
" растительные	37

Х

Хемотропизм	59
Хлорофил	32, 44
Хозяин	143
Хроматин	28
Хромозомы	69
" половые	130

Ц

Царство животных	7, 16
" растений	7, 16

Центроли	30
Центрозома	30

Ч

Чередование поколений	88
Чистая линия	193

Ш

Шары дробления	105
--------------------------	-----

Э

Эволюция	164
Экология	133
Экскреты	47
Эктодерма	108
Эмбриология	92
Энергия	47
Энтодерма	108
Эры	184

Я

Ядро	27
Ядрышко	29
Яичник	81
Яйцевод	81
Яйцо	77

ОГЛАВЛЕНИЕ.

Стр.

Глава I. Что такое биология, кого именно понимают под именем организмов и как они делятся	5 — 16
Общая биология и биологические науки (5). — Царства животных и растений и их классификация (7). — Вид (9). — Род и другие систематические единицы (10). — Типы животного царства и главные отделы растительного (12).	
Глава II. Как устроено тело каждого организма	17 — 35
Анатомия (17). — Органы и их системы (17). — Ткани (21). — Клеточная теория (22). — Строение клетки (25). — Особенности растительных клеток (31). — Высшая степень осложнения клетки у инфузорий (32).	
Глава III. Отправления организмов	36 — 64
Физиология (36). — Животные и растительные функции организмов (36). — Обмен веществ и энергии (37). — Движение (50). — Раздражимость (54).	
Глава IV. Размножение живых существ	65 — 90
Размножение и рост (65). — Размножение клетки (66). — Прямое деление (66). — Кариокинез (67). — Бесполое размножение простейших (71). — Бесполое размножение многоклеточных (72). — Половое размножение животных (76). — Половое размножение растений (83). — Партеногенез (86). — Чередувание поколений (88).	
Глава V. Развитие организмов	91 — 111
Эмбриология (92). — Созревание половых продуктов (93). — Оплодотворение (96). — Половой процесс у простейших (101). — Развитие зародыша (104). — Дробление яйца (104). — Зародышевые слои (106). — Метаморфоз (109).	
Глава VI. Наследственность	112 — 132
Наследственность (112). — Умозрительные теории наследственности (112). — Наследственность приобретенных свойств (114). — Законы Менделя (117). — Менделизм (124). — Закон Менделя и хромозомы (127). — Определение пола (129).	
Глава VII. Отношение организмов друг к другу к окружающей среде	133 — 163
Экология (133). — Половой диморфизм (133). — Полиморфизм (136). — Симбиоз (141). — Паразитизм (143). — Отношения между цветами и насекомыми (147). — Насекомоядные растения (149). — Организмы и окружающая среда (151). — Сезонный диморфизм (155). — Покровительственная окраска (156). — Географическое распространение животных и растений (159).	
Глава VIII. Как произошли организмы	164 — 189
Идея эволюции (164). — Теория Дарвина (165). — Доказательства эволюционной идеи из области экологии (174), морфологии (177), палеонтологии (183) и биогеографии (189).	
Глава IX. Эволюционные учения	190 — 208
Неоламаркизм и неодарвинизм (190). — Значение подбора (192). — Мутационная теория (194). — Вопрос о происхождении человека (199). — Пути эволюции человеческого рода (206). — Евгеника (207).	
Глава X. Что такое жизнь?	209 — 219
Относительность различий между организмами и телами мертвой природы и между существами живыми и умершими (209). — Механизм и витализм (212). — Вопрос о происхождении жизни на земле (214).	